

Título de tesis:

**PERSISTENCIA DE SANTA SOFÍA EN LAS MEZQUITAS
OTOMANAS DE ESTAMBUL.
SIGLOS XV Y XVI.**

MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN.

Autor:

JORGE MATEOS ENRICH.

Director:

ANTONIO JOSÉ MAS-GUINDAL LAFARGA.

Departamento de estructuras de EDIFICACIÓN.
E.T.S.A.M. Universidad Politécnica de Madrid

Tribunal nombrado por el Magfco. Y Excmo. Sr. Rector de la Universidad
Politécnica de Madrid, el día.....de.....de 20.....

Presidente D.

Vocal D.

Vocal D.

Vocal D.

Secretario D.

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día.....

de.....de 20.....

en

Calificación:.....

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

ÍNDICE.

1. Introducción
 - 1.1. Objetivos de la tesis y fuentes de investigación.
2. Antecedentes de soluciones de edificios cupulados.
 - 2.1. Generalidades sobre arcos.
 - 2.1.1. Arcos de medio punto.
 - 2.2. Generalidades sobre cúpulas.
3. Edificios cupulados de planta centrada.
 - 3.1. La cúpula como membrana.
 - 3.2. Tensiones en las cáscaras.
4. Soluciones cupuladas.
 - 4.1. Tesoro de Atreo.
 - 4.2. Domus Aurea
 - 4.3. Panteón.
 - 4.4. Palacio de Spalato.
 - 4.5. Basílica Nova.
 - 4.6. Templo de Minerva Médica.
5. Significantes mecánicos en la arquitectura bizantina.
 - 5.1. El origen en la arquitectura paleocristiana.
 - 5.2. Introducción a la arquitectura bizantina.
 - 5.2.1. Evolución.
 - 5.2.2. Materiales.

6. Santa Sofía de Constantinopla.

7. El Imperio Otomano.
 - 7.1. Los selyúcidas. Mezquitas hipóstilas.
 - 7.2. La expansión otomana. Mezquitas cupuladas.
 - 7.2.1. Escuela de Bursa.

8. El germen de las mezquitas de los sultanes.
 - 8.1. Ulu Camii.
 - 8.2. Eski Camii.
 - 8.3. Uç Serefeli Camii.
 - 8.4. Mehmet II (Fatih Camii).
 - 8.5. Bayaceto II Camii.
 - 8.6. Relaciones.

9. La arquitectura de Sinán.
 - 9.1. Antecedentes.
 - 9.2. Sinán ibn Abdülmennan.
 - 9.3. Sultán Haseki Camii.
 - 9.4. Mihrimah Sultán Camii
 - 9.5. La arquitectura contemporánea en Italia.

10. Sehzade Mehmet Camii.

11. Süleymaniye.

12. Selimiye.

13. Después de Sinán.

14. La mezquita del Sultán Ahmet I (Mezquita azul).

15. La cúpula de San Pedro en Roma.

16. Conclusiones 1.

- 16.1. Construcción

17. Conclusiones 2.

- 17.1 Estructuras.

18. Conclusiones 3.

- 18.1. El racionalismo constructivo de Sinán.

19. Conclusiones finales.

20. Bibliografía.

1. INTRODUCCIÓN

La presente tesis es el resultado de un trabajo de investigación sobre diferentes métodos constructivos y estructurales desarrollado en el ámbito de las Estructuras y de la Historia de la Construcción y la Arquitectura.

Esta disciplina tiene por objeto el conocimiento de la eficacia constructiva y tipológica, así como aspectos mecánicos en las obras arquitectónicas que se han sucedido a lo largo de la Historia, concretamente en el periodo estudiado en la presente investigación, en un recorrido aproximado de diez siglos.

Su interés radica en la aplicación de las distintas estrategias metodológicas utilizadas para abordar un mismo problema; una constante; cubrir grandes espacios sin apoyos intermedios. Estamos hablando de la resolución de cúpulas en el ámbito de la mecánica de cúpulas.

La investigación se ha desarrollado en el campo de la teoría de las estructuras y la construcción en general, y particularmente en la teoría de las bóvedas de fábrica aplicada al proyecto de edificios cupulados. Edificios cupulados significativamente importantes en la Historia de la Arquitectura, obras que han sido y son referencia en el campo mencionado; hitos arquitectónicos.

El objetivo es el de, en base a un recorrido cronológico, partiendo de la arquitectura paleocristiana y bizantina (tomando y citando referencias de edificios de la Roma Republicana y de la Roma Imperial) llegar a relacionar métodos y soluciones con la arquitectura otomana de mitad del siglo XVI. Relacionar la iglesia de Santa Sofía de Constantinopla, obra cumbre del mundo bizantino con las mezquitas otomanas que diez siglos más tarde levantaría el maestro Sinán al servicio de los sultanes otomanos.

Se realizará un análisis profundo y comparativo de métodos constructivos y estructurales, esto es, aspectos mecánicos. No se trata de enfrentar métodos orientales y occidentales, se trata cuanto de relacionarlos.

Las preguntas fundamentales a las que tratará de responder esta tesis son:

1. Validez de los métodos orientales y occidentales en el desarrollo de cúpulas y su comportamiento mecánico.
2. Qué hay del “espíritu” de Santa Sofía de Constantinopla en las obras de Mimar Sinán mil años después.
3. Eficacia constructiva y tipológica de las soluciones de los edificios cupulados del estudio.

1.1. OBJETIVOS DE LA TESIS Y FUENTES DE INVESTIGACIÓN

Se trata de ordenar hitos arquitectónicos referentes a la Historia de la Arquitectura y encontrar un hilo conductor de estrategias y metodologías mecánicas específicas a cada diseño no desarrolladas hasta hoy.

Hay que tener una visión histórica del asunto en cuestión. Estudios sobre cúpulas hay muchos, y desde diferentes puntos de vista (1).

Coupolet, Poleni, Coulomb entre otros han desarrollado trabajos referentes a las estructuras de fábrica y estudios sobre comportamiento de cúpulas. Sin embargo aunque las líneas fundamentales de la presente investigación están claras, faltan estudios sobre la arquitectura otomana desarrollada a partir del siglo XV. Hay profusión de ellos en la arquitectura occidental (evidentemente más cercana a nosotros histórica y culturalmente). Hay abundancia de estos estudios sobre tipologías, aspectos constructivos, formales y estructurales (2). Sin embargo no es fácil encontrar la misma profusión de estudios sobre la arquitectura otomana y los métodos orientales.

(1). Unos de los más difundidos puede que sean los de Jacques Heyman. *Análisis de Estructuras. Un estudio histórico*. MADRID, Instituto Juan de Herrera 1998. También citar otra obra del mismo autor: *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. MADRID, Instituto Juan de Herrera 1995. En general Heyman es prolífico en el estudio del funcionamiento de las estructuras de fábrica; arcos, bóvedas y cúpulas. (Bibliog. nº 58 y 59)

(2). Cabe citar como ejemplo las publicaciones de Choisy: *El arte de construir en Roma (1866)*. MADRID, Instituto Juan de Herrera 199, o *El arte de construir en Bizancio (1883)*. (Bibliog. nº 20 y 21) . MADRID, Instituto Juan de Herrera 1997. También hay otros enfoques más actuales y científicos como los expuestos en las variadas publicaciones de R.J. Mainstone, (Bibliog. nº 78, 79, 80). Aoki, Kato, Van Nice, etc. (Bibliog. nº 36).

Pocas son las ciudades del mundo cuyo nombre tenga un poder de evocación y una capacidad de fascinación tan extraordinarias como Estambul. La cascada de imágenes y de emociones que su sola pronunciación suscita, son el resultado de una amalgama, entreverada de tópicos y de intuiciones. Las descripciones literarias, los relatos fantásticos, los propios acontecimientos históricos relacionados con la ciudad se entrelazan con enriquecedora promiscuidad, invitando al viaje, propiciando el descubrimiento de la realidad que se esconde en tan sonoro nombre. Quienes, seducidos por la llamada, hayan tenido la fortuna de adentrarse por la antigua capital del Imperio Otomano, reconocerán, frente a su deslumbrante apariencia, el cúmulo de paradojas y contrastes que encierra. También recordarán, junto a los cadenciosos nombres de sus principales monumentos – conjunto de Süleymaniye, Hamam de Haseki Hürrem Sultán, acueductos de Güzelce y Müderris Kov, palacio Topkapı, los conjuntos de Fatih, de Bayaceto II, Sehzade Mehmet, Rüstem Pasa-, la reiterada presencia de su correspondiente arquitecto, Sinán ibn Abdülmennan o, más sencillamente, Mimar Sinán.

La unión de este nombre a tantas y tan variadas empresas constructivas causa, cuando menos un profundo estupor. El asombro es aún mayor en quienes oyen hablar de Sinán por vez primera, o los que tiene por objetivo estudiar su arquitectura, lo cual resulta harto frecuente. De hecho, fuera del actual territorio turco la atención que se ha prestado a su persona y obra ha sido prácticamente nula. El casi absoluto desconocimiento que, desde la cultura occidental se ha tenido acerca de tan importante personaje de la historia de la arquitectura universal va unido al desinterés, no exento de cierta animadversión histórica por todo lo referente al Gran Turco. Una actitud exenta de prejuicios y menos etnocéntrica, con mayor amplitud de miras, cualidades imprescindibles desde cualquier perspectiva que pretenda ser considerada científica, habrían otorgado a Sinán el puesto capital que le corresponde en la historia de la civilización mundial. De hecho, puede parangonarse y aún resultar vencedor en la confrontación, respecto a algunos de los grandes arquitectos de su tiempo a quien se considera, con razón, figuras maestras del renacimiento italiano y del arte universal. Entre ellos pueden citarse Miguel Ángel, Vignola y Palladio. Si bien los libros de carácter general sobre historia ofrecen numerosas páginas dedicadas a resaltar las cualidades y aportaciones prácticas y teóricas de los artistas mencionados, es difícil encontrar en ellos una sola línea referida a Sinán. (3) Tan injusta situación es aún más deplorable en un país como España, en cuyo suelo permaneció el poder del Islám durante ocho siglos.

(3). Aptullah Kuran. Sinán. *El maestro de la arquitectura otomana*. Universidad de Granada 1997. Traducción de la versión original turca (1985). Traducción de Alfredo J. Morales. Prólogo. Este libro será una referencia constante en el desarrollo de la presente tesis. Es uno de los mayores y mejores compendios de la obra de Sinan. Se sucederán comentarios y citas con posterioridad. (Bibliog. nº 73)

Indudablemente las cuestiones políticas y religiosas que enfrentaron, tanto en aguas del Mediterráneo como en tierras centroeuropeas, a la monarquía católica y al imperio con la Sublime Puerta, pudieran explicar los odios y ausencias de antaño, pero no justificar el interesado y arrogante olvido de hogaño.

Se pretende, como primer objetivo llenar ese vacío y establecer la conexión con la iglesia de Santa Sofía de Constantinopla, esto es, cerrar el círculo de Santa Sofía a la mezquita de Süleymaniye y la de Selimiye.

Las fuentes utilizadas han sido de varios tipos: ensayos teóricos, tratados de construcción, libros y escritos históricos de las épocas referidas. Se ha procurado consultar siempre la versión original impresa. También se han tomado datos de campo en cinco viajes; dos a Italia, dos a Estambul y uno a Jordania y Siria en los que se han elaborado notas propias, dibujos, fotografías y se ha recopilado abundante información in situ.

Se ofrece, a continuación una brevísima síntesis de la presente investigación.

Una vez explicitadas las preguntas a las que se pretende responder y enunciar el cuerpo de la tesis, también se pondrá en valor lo construido contemporáneamente en los dos lados del continente, Renacimiento italiano y Renacimiento otomano

Es intención, a su vez, ordenar las obras más importantes de **Mimar Sinán** y referenciarlas a Santa Sofía y, a su vez, referenciar aquellas con las cúpulas renacentistas de **Brunelleschi y Miguel Ángel**, valorar al arquitecto otomano en su justa medida y valor.

En el capítulo correspondiente a los antecedentes de edificios cupulados se va a tratar de la **tecnología y construcción de edificios cupulados** que tienen la suficiente significación histórica, y que van a servir para empezar a desarrollar el concepto y evolución de edificio cupulado. Primeramente se abordan dos elementos: **generalidades sobre arcos y generalidades sobre cúpulas**. Aquí se introducen conceptos y teorías citándose todos los aspectos de su **mecánica**.

Es obvio que el concepto actual de estructura estuvo ligado en sus orígenes al esfuerzo intelectual, a la experimentación y a la observación. Intervino también evidentemente el conocimiento de los materiales constructivos, es decir, sus capacidades y limitaciones.

El proceso de desarrollo estructural se deriva de la solución a los problemas presentados. Es un proceso de afinamiento, **desarrollo, análisis y síntesis**.

Por otra parte decir que la intuiciones el uso potencial para la creación. Se está hablando de intuiciones sobre los comportamientos estructurales, intuiciones sobre acciones estructurales (**Arquímedes, Leonardo, Alberti, Stevin, Galileo, Newton, Hooke...**) e intuición sobre la **adecuación estructural – requerimientos estructurales** para buscar la solución, escala y proporción-.

Ocasionalmente un diseño exhibe un virtuosismo estructural que nos lleva a decir que la intuición da como resultado claridad y precisión. Obviamente hay latente un proceso de prueba-error. El germen de lo posterior se puede encontrar en los arcos y estructuras abovedadas romanos.

La presente tradición de diseño y construcción de edificios con “**cáscaras**” y **estructuras espaciales** encuentra sus raíces en el pasado, en la tradición de los arquitectos de la construcción clásica de la República Romana.

Ahora se hace un recorrido por edificios cupulados que se estima fundamental en el proceso deductivo.

Tesoro de Atreo (Micenas s. XIII a.c.)

Domus Aurea de Nerón (Roma, año 64)

Panteón (Roma, año 118-125)

Mausoleo Palacio Spalato (Split, año 298)

Basílica Nova o de Magencio (Roma s. IV)

Minerva Médica (Roma, s. IV)

En el capítulo sobre arquitectura bizantina se abordan elementos concernientes a la arquitectura bizantina que se articularán con el cuerpo de la tesis, modos, maneras, materiales y técnicas. Es un paso preparatorio y necesario para el estudio de la iglesia de **Santa Sofía de Constantinopla** que a su vez se vinculará con las realizaciones otomanas posteriores

Aquí se introduce el capítulo con una sinopsis histórica y se pasa a relatar los aspectos constructivos y de materiales, así como los modos de hacer, tanto de la **arquitectura paleocristiana** como de la **arquitectura bizantina**.

Llegado al capítulo referente a todo lo concerniente a Santa Sofía, éste se centrará en las vicisitudes históricas que alumbraron la obra cumbre del **emperador Justiniano**; la iglesia de **Santa Sofía** en la capital del Imperio Bizantino. Se hará un recorrido descriptivo primeramente para ir adentrándose en las técnicas que hicieron posible su levantamiento; detallando **esquemas formales, estructurales, de cargas y constructivos** y relacionando todo ello con sus auténticas raíces y precedentes arquitectónicos.

Se hace un análisis de la iglesia desde distintos puntos de vista y se relaciona con edificios de su época que pueden aportar algo como **Santa Constanza, Mausoleo de Teodorico, Santos Sergio y Baco, Santa Irene, San Vital, Myrelaion Rotunda...**

También son referenciadas las cúpulas de **Brunelleschi y Miguel Ángel**, así como las **mezquitas cupuladas** a partir de la conquista de Constantinopla por los otomanos hasta las de **Sinán**.

En este capítulo hay abundancia de planos, esquemas, cuadros comparativos, etc. de la obra de **Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto**, así como la reconstrucción de **Isidoro El Joven**, también se hace referencia a autores como **Rowland J. Mainstone, Robert Mark, Heyman... Gaspar y José Fossati**.

Se presenta, a continuación, un apartado introductorio, que revela históricamente la evolución del imperio Otomano, pasando a hablar, posteriormente de ciertas influencias y de tipologías de mezquitas. **Mezquitas hipóstilas** y el germen de las **mezquitas cupuladas** que darán lugar a la de los sultanes.

Esta evolución del imperio así como de sus modos de hacer continuará ya a partir de aquí.

Se abre, ya a partir de aquí, capítulos que acometen lo concerniente a la arquitectura otomana. Se comienza ya una andadura más profunda por la arquitectura que ya se podría llamar otomana con la **escuela de Bursa** y la

escuela de Edirne, que fueron las primeras capitales del incipiente imperio antes de **Estambul**.

Se está ya, ante las mezquitas que marcarán el camino, **pequeñas mezquitas cupuladas** como la de **Alauddin** en Bursa (1326), la de **Hazi Ozbeck** en Iznik (1333) e **hipóstilas con cúpulas** como **Ulu Camii** en Bursa (1396) y **Eski Camii** en Edirne (1414). Estas serán el terreno preparatorio para el arranque definitivo de las **mezquitas cupuladas** como la **Uç Serefeli** en Edirne (1447) o las que podríamos llamar primeras **mezquitas de los sultanes** cuales son la de **Mehmet II** o Fatih Camii en un Estambul ya otomano (1470) y la de **Bayaceto II** también en Estambul (1506).

Hay profusión de fotografías, planos de plantas, esquemas geométricos, esquemas de cargas, contrarrestos... planos comparativos y, cómo no, alusiones a **Santa Sofía** y el **Renacimiento italiano**. También hablo de **mecánica** en estas mezquitas y de su **funcionamiento estructural** y esquemas formales.

Con la Arquitectura de Sinán, es cuando el tema se empieza a centrar y a definir. Tras una introducción sobre la formación de la arquitectura otomana y como sus **influencias mongolas, islámicas, bizantinas, griegas, abassies, selyucidas...** ayudan a su consolidación.

También hay referencias a los primeros sultanes y sus relaciones con el Renacimiento italiano, **Michelozzo, Filarete, De Pasti**, incluso la relación de Mehmet II con los **Medicis** y Bayaceto II con **Leonardo y Miguel Ángel**. Podemos apreciar un contacto entre los dos Renacimientos y la consolidación de la **arquitectura clásica otomana**.

Le toca el turno a la persona de **Sinán ibn Abdüleiman; Mimar Sinán**, contemporáneo de **Vignola, Palladio, Miguel Ángel o Juan de Herrera**. A partir de una sinopsis histórica de cómo llegó a ser el arquitecto del gran sultán **Süleyman El Magnífico** se empieza a trazar un recorrido por su obra.

Tras recorrer diversas etapas de imitación, Sinán evoluciona hacia las mezquitas cupuladas, siendo las enunciadas más abajo sus inicios como mezquitas cupuladas de albañilería.

Haseki Sultán, Estambul (1538).

Mihrimah Sultán, Uskudar (Estambul 1548).

Empiezan a aparecer relaciones de las **plantas centradas** a ambos lados del continente, pues ya estaba el proceso de San Pedro en marcha a partir de **Bramante**. También en este aspecto y con relación a la planta centrada se habla de la **Iglesia de la Consolación de Todi, Madona de San Biagio de Sangallo el viejo, Madona della Campaña, Madona della Stacata...**son modos de hacer distintos; en Italia cúpula sobre tambor, no así en Estambul.

Se entra, ya definitivamente, en las grandes **obras de Sinán** sin perder de vista a los **arquitectos del Renacimiento italiano**.

Se entra de lleno en las grandes mezquitas de los sultanes de Sinán. En el apartado que nos ocupa se hace un profundo análisis de las dos primeras mezquitas importantes de Sinán.

Sehzade Mehmet o Mezquita del Príncipe, Estambul (1543)
Suleimaniye o Mezquita de Süleyman, Estambul (1557)

Se hace aquí, un profundo **estudio constructivo, mecánico y estructural** de ambas poniéndolas en **valoración con todo lo anterior** (mezquitas de Fatih y Bayaceto, Uç Serefeli,... y, por supuesto Santa Sofía). Empiezan a aparecer relaciones claras entre estas y aquellas y se ve el **camino que va de seguir Sinán**.

El estudio de estas dos mezquitas de los sultanes y sus correspondientes complejos arquitectónicos está apoyado por **planos, fotografías, construcciones 3D, esquemas, sistemas de cargas y contrarrestos**, materiales, atirantamientos,...es decir, toda la información que a todos los niveles se ha creído necesaria e imprescindible. En cualquier caso, el **camino en paralelo con el Renacimiento italiano** sigue siendo una constante.

El capítulo de la Selimiye es el capítulo dedicado a la obra cumbre de Sinán en la que, por fin, supera en grandeza a Santa Sofía a su modo de ver; la **Selimiye de Edirne** (1575)

El camino recorrido está en la misma línea que lo expuesto anteriormente, comparando las tres grandes mezquitas entre sí y con Santa Sofía. Con la Selimiye Sinán llega a una **interpretación magistral de la planta centralizada cupulada**.

Con las últimas producciones arquitectónicas de Sinán se cierra un ciclo en la arquitectura clásica otomana. Aquí se ha tratado lo que sucedió después de Sinán, de cuál fue su **herencia** y que camino se recorrió a partir de su **legado**. Aparece, de nuevo, el Renacimiento italiano ligado contemporáneamente al otomano. Se habla de tratados; **Vitrubio, Alberti, Palladio...**

Como colofón a la experiencia constructiva y a la tradición de las mezquitas de los sultanes y como **canto del cisne del clasicismo otomano** se nos presenta la mezquita del Sultán Ahmet I, también conocida como la **Mezquita Azul** (1617). Se está, ya al final de un fructífero periodo constructivo que ha empezado su decadencia siendo esta mezquita la que marcará el **fin de una época** y el **comienzo de la arquitectura barroca otomana**.

Se hace un estudio desde varios puntos de vista de esta obra poniéndola en valor con todo lo que la antecedió y con la obra de Sinán.

El capítulo concerniente a la cúpula de San Pedro se considera especialmente atractivo, y esencial comparativamente. ya que se analiza la cúpula por excelencia del Renacimiento italiano, sin olvidar la de **Brunelleschi en Florencia**, aunque ésta más ligada a la **tradición medieval** por su esquema formal y constructivo. Nos referimos a la **cúpula de San Pedro de Roma con el proyecto de Miguel Ángel**.

Comparando su cúpula con las de las mezquitas de los sultanes se aprecia la profunda grieta formal que hay entre unas y otras y como, efectivamente hay dos maneras de hacer conceptual y constructivamente a ambos lados del continente, **no hay permeabilidad de métodos** aunque sí de ideas.

Se analiza la cúpula de San Pedro para ponerla en valor con la obra de Sinán. Que funciones desempeñaban unas y otras cúpulas, que relación tenían el todo con las partes, como se articulaban los espacios, que significaban en el conjunto, cuál era su función, etc.

Se presentan también las distintas vicisitudes que alumbraron San Pedro a lo largo de casi 160 años. **Bramante, Serlio, Sangallo, Miguel Ángel, della Porta**, su doble cáscara, su sistema constructivo, sus patologías, etc.

Por último se exponen varios capítulos con las conclusiones extraídas.

Conclusiones 1. **Construcción.**

En este capítulo se hace un recorrido por los métodos constructivos y los materiales empleados. También se refieren técnicas y métodos.

Se empieza con los edificios bizantinos hasta acabar estableciendo analogías con las mezquitas otomanas.

Se analiza lo que de bizantino hay en lo otomano y como se ha evolucionado en cuanto a materiales y técnicas se refiere.

Conclusiones 2. **Estructuras.**

Abordar el tema de la estructura y la mecánica de los edificios antiguos es abordar el tema de la geometría ya que en esta se basa su estabilidad.

Se analiza el comportamiento de las estructuras de fábrica con todas sus características.

Sistemas de equilibrio, contrarrestos, formas de trabajo de cúpulas semiesféricas y rebajadas, espesores, técnicas...

Forma de trabajo de estas cúpulas rebajadas, tirantes, zonas de compresión-tracción, sistemas complementarios, relaciones y proporciones geométricas. Todo ello se aplica a los monumentos bizantinos y otomanos.

Conclusiones 3. **El racionalismo constructivo de Sinán.**

Este es un capítulo clave ya que en él se resumen los logros del gran maestro. Se hacen pequeños comentarios de distintos autores y estudiosos de uno y otro lado del continente. Los puntos de vista, las críticas y las conclusiones que de ello se derivan entran en confrontación según autores.

Se pueden establecer relaciones entre el renacimiento italiano y el renacimiento otomano.

En este apartado se hace un estudio geométrico pormenorizado de Santa Sofía y de los edificios otomanos llegando a interesantísimas conclusiones.

Conclusiones **finales.**

Aquí se hace un compendio final del tema de las cúpulas y de sus circunstancias. Un recorrido histórico y formal, así como lo relativo a técnicas y logros: formales y estructurales, vías de influencia y aportaciones originales. Procesos basados en la práctica y en la experimentación.

2. ANTECEDENTES DE SOLUCIONES DE EDIFICIOS CUPULADOS.

Se va a tratar ahora de la tecnología y construcción de edificios cupulados, de materiales y técnicas que van a ir sentando las bases de posteriores reflexiones. Antes de que se entre más de lleno en las técnicas constructivas de la iglesia de Santa Sofía de Estambul es necesario mencionar edificios precedentes, edificios cupulados en una línea a lo largo del tiempo que sirven de modelo, quizás, y de inspiración seguro.

Es justo decir que la Historia de la Arquitectura es un proceso que se retroalimenta, las técnicas y los materiales cambian pero las intenciones son las mismas, aunque no así los logros.

Este recorrido de avances técnicos, de sistemas, de procedimientos, etc. Son los que van a ser abordados en esta sección.

A continuación se va a trazar una breve reseña sobre la teoría de arcos y bóvedas que servirá para acercarnos a los modos y maneras de proceder de lo mencionado en párrafos precedentes.

2.1. GENERALIDADES SOBRE ARCOS

Se darán unas pequeñas referencias y nociones básicas referentes al comportamiento de arcos que se utilizarán en el estudio de cúpulas.

2.1.1. Arcos de medio punto.

Los constructores de la antigüedad eran, evidentemente, constructores expertos y decidían dimensiones y trazados en base a TRATADOS. En general la forma y espesor de las bóvedas, arcos y estribos venían dados por una serie de relaciones geométricas. Aunque ya aparecen reglas en la Edad Media que respondían a acuerdos geométricos, se puede afirmar que tuvieron su génesis mucho antes. De hecho Santiago Huerta en su libro sobre arcos bóvedas y cúpulas (1) realiza un interesante comentario respecto que el primer tratado al respecto se encuentra en La Biblia, concretamente en el libro de Ezequiel. Frankl (1960) primero y luego Heyman (1992) llaman la atención sobre esta fuente documental. El autor hace un recorrido posterior sobre diferentes tratadistas englobando sus teorías.

(1) Santiago Huerta. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Instituto Juan De Herrera, Madrid, 2004. (Bibliog. nº 60). Este libro está basado en la tesis doctoral del mismo autor y es una herramienta que se maneja en varios apartados de la presente tesis. En esta referencia se tiene en cuenta lo explicitado en las páginas 134 y sucesivas sobre reglas geométricas en la construcción de elementos estructurales. También cita al respecto los estudios de Vitruvio, Herón de Alejandría, Antemio de Tralles (que escribió un tratado comentando el de Herón). Fundamentales son, así mismo, las aportaciones de Alberti (Tratado de Arquitectura, 1485) y Palladio, ya en el Renacimiento. Posteriormente el libro de Galileo "Tratado de las dos nuevas ciencias" vino a "desmontar" las teorías tradicionales de cálculo.

El arco es una estructura de directriz curva o poligonal que salva una luz y deposita la carga en los apoyos mediante una fuerza inclinada llamada empuje. La existencia de esta fuerza es determinante para su equilibrio, por lo que sin ella la estructura no existe. Este empuje produce reacciones exteriores inclinadas, se debe garantizar la existencia de estas y su posición, hecho que convierte el arco en la primera estructura pretensada, no en vano fue considerada en la antigüedad como una “estructura diabólica”.

En el caso del arco, el conjunto de piezas que lo componen (dovelas) no son un arco, sino que están organizadas correctamente a través de un montaje único. El arco pétreo se constituye como unidad de un conjunto de dovelas asentadas sobre mortero sobre una cimbra que sólo hasta ser completado el arco puede eliminarse. Sólo hasta ese momento el arco entra en carga y es arco mecánico propiamente dicho.

En el caso de arco de dovelas de fábrica todo él tiene que trabajar a compresión, de lo contrario aparecerán flexiones que, al no poder ser admitidas por el sistema de unión a base de juntas transformarían la estructura en un mecanismo. Si los apoyos de los arcos son inamovibles puede asegurarse que el arco no romperá por compresión, de ahí el garantizar la firmeza en los apoyos. Consecuentemente se puede afirmar que todo problema de los edificios de arco hay que tratarlos desde la estabilidad.

Todo el diseño de un arco debe procurar el perfecto trabajo a compresión de los elementos. Cualquier modificación de la carga para una estructura comprimida genera flexiones, algunas de las cuales pueden ser asumidas por el trabajo a compresión compuesta del arco, fuera de estos límites el arco se rompe, o lo que es lo mismo a efectos prácticos: la línea de empujes (entendida como el lugar geométrico del punto de paso de los esfuerzos por un sistema de planos de corte dados) debe mantenerse dentro del espesor del arco para que este funcione como tal.

Hay una llamada línea de empujes máximos, otra de empujes mínimos y por último la regla del tercio medio que determina el mínimo espesor posible del arco para su perfecto funcionamiento. Por otro lado un número de roturas (rótulas) superior a tres transformaría la estructura de arco exento en mecanismo y este colapsaría.

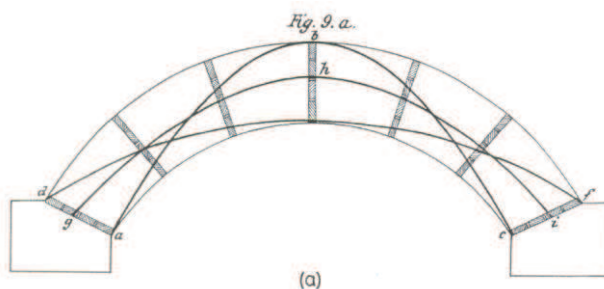


Fig. 1. Ensayo de Barlow (1846) para demostrar en la práctica la línea de empujes. (S. Huerta)

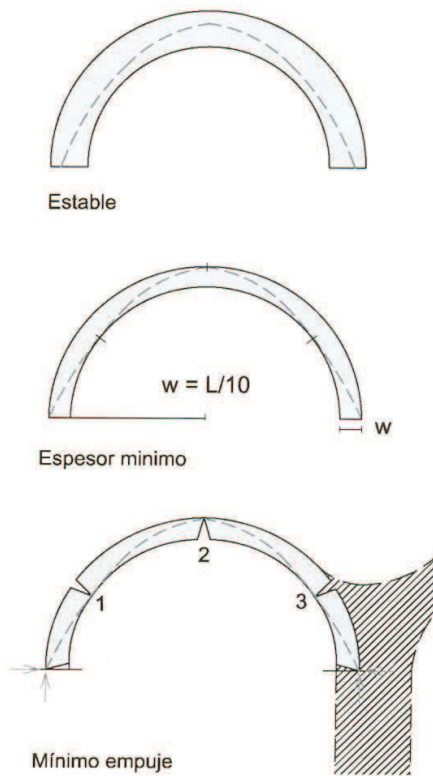


Fig. 2. El arco de medio punto. Empuje mínimo, espesor mínimo. (Mas-Guindal Lafarga. Mecánica de las estructuras antiguas).

En resumen se puede afirmar que la clave para la comprensión de las fábricas hay que buscarla en un correcto equilibrio de su geometría.

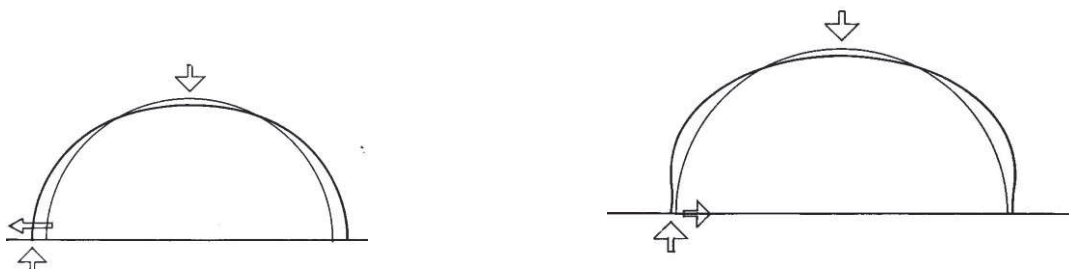


Fig.2. Esquema comportamiento de arcos (vv aa). 1. Los apoyos pueden moverse, 2. Los apoyos permanecen fijos.

2.2. GENERALIDADES SOBRE CÚPULAS

Del mismo modo que se han tratados algunos aspectos sobre arcos se hará lo propio sobre cúpulas y luego se extrapolará al concepto de cáscaras.

Se va a exponer el teorema fundamental de la seguridad de la TEORÍA PLÁSTICA:

“Si es posible encontrar una distribución de esfuerzos internos en equilibrio con las cargas que no viole una cierta condición de resistencia del material la estructura no se hundirá; es “segura”.

Este estado no tiene que ser real, basta que sea posible. Esto nos lleva a una tarea más productiva: investigar estados razonables de equilibrio.

Las grietas que aparecen en las cúpulas responden, simplemente, a la acomodación del edificio a pequeños movimientos del entorno. Las fábricas se adaptan agrietándose, y es precisamente la capacidad de formar grietas lo que hace “dúctiles” a estas construcciones.

La no resistencia a tracción de la fábrica conduce a afirmaciones geométricas: los esfuerzos deben transmitirse dentro del material. Los elementos deben colocarse siempre de forma que estén comprimidos por la gravedad.

El éxito de los antiguos constructores radica en haber descubierto (aunque sea de forma empírica) la relación fundamental entre FORMA y ESTABILIDAD.

3. EDIFICIOS CUPULADOS DE PLANTA CENTRADA

Una cúpula esférica es una estructura de forma, aproximadamente semiesférica. La forma más habitual es la de cáscara de revolución en la que todas las secciones horizontales son circulares.

3.1. La cúpula como membrana

Se asimila cáscara de revolución a superficie de doble curvatura. El espesor no tiene que ser constante, pero se considera pequeño comparado con las dimensiones globales de la estructura.

Una delgada cáscara, cupuliforme, de material, relativamente rígido puede soportar una amplia gama de cargas diferentes, simplemente, mediante esfuerzos que actúan en el interior de la superficie de la cáscara, esto es, sin flexión.

A diferencia del arco, una cáscara no tiene por que construirse, en la práctica, con un espesor razonable que le permita soportar una serie de cargas, aunque si es necesario un cierto espesor mínimo para prevenir el pandeo local por compresión.

3.2. Tensiones en las cáscaras

La primera reflexión que se hace sobre esto es indicar que la tensión necesaria para soportar la cúpula tiene un valor independiente del espesor.

Por otra parte cuando las cáscaras tienen un cierto espesor, las cargas exteriores son mucho menores que las debidas al peso propio, por lo tanto son despreciables.

En cualquier caso, es un hecho que las tensiones medias de una estructura de fábrica son bajas. Sirva como referencia que la tensión de trabajo en la base del tambor del Panteón es de 0.6 N/mm². (Terencio 1933).

En las cáscaras semiesféricas se presentan tensiones en la dirección de los paralelos y en la dirección de los meridianos.

Las resultantes de las tensiones meridianas son siempre de compresión, y su valor aumenta de la clave hasta el apoyo.

Sin embargo la resultante de tensiones anulares cambia de compresión a tracción desde la clave hasta un valor (medido desde el centro de la cúpula hasta la línea de la cáscara) de colatitud 51.82° . A partir de aquí se hace de tracción aumentando rápidamente su valor hacia la base.

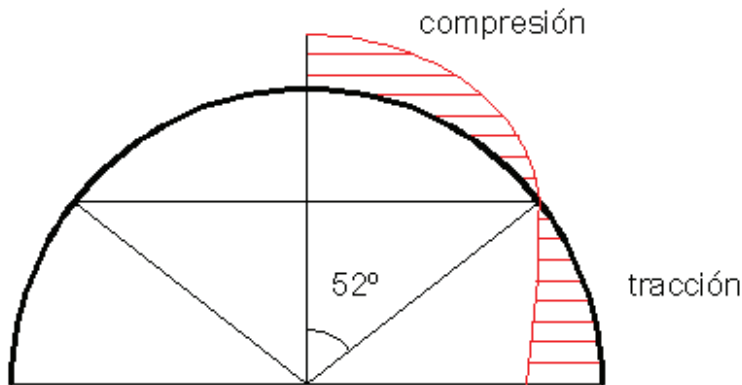


Fig.3. Punto cambio Compresión.-Tracción. Tensiones. (Dibujo del autor).

Se demuestra que si se descarga de peso la clave de la cúpula baja el punto de tracciones como es el caso del *Panteón*

De otra forma si se carga la clave de la cúpula con peso, por ejemplo una gran linterna, esto hace que suba el punto de tracciones. Hecho que dio innumerables problemas en la cúpula de San Pedro en Roma.

Se referirá, también, que el tamaño máximo de una cúpula de este tipo es de unos 40 metros y se debe a que la relación de tensiones y el peso específico marca el límite del material.

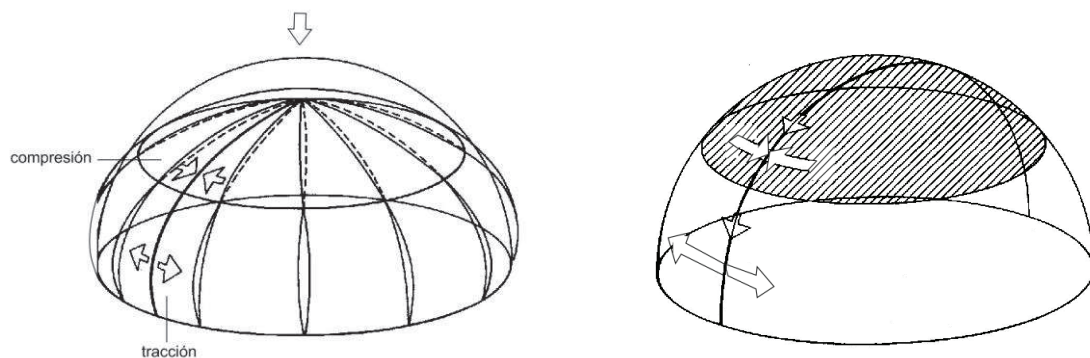


Fig.4. Zona Compresión.- Tracción en una cúpula semiesférica. Esfuerzos meridianos y paralelos. (Dibujo del autor).

En el esquema de la izquierda se muestra la deformación sufrida por la cúpula y cómo actúan los esfuerzos en los paralelos, observándose la zona traccionada y la zona comprimida.

En el esquema de la derecha se muestra sombreada la zona comprimida de la cúpula y sin sombreada la zona traccionada. En los paralelos se observa que los esfuerzos son de compresión aumentando desde la clave hasta los apoyos.

En la cúpula del Panteón el punto de cambio de compresión a tracción baja debido al alivio que le supone no tener la carga adicional de una linterna, como en el caso de las cúpulas renacentistas.

En cualquier caso es en la parte traccionada donde aparecen las grietas de la cúpula. Estas grietas no influyen en la estabilidad de la misma, ya que se producen por la acomodación de la estructura a las condiciones del entorno.

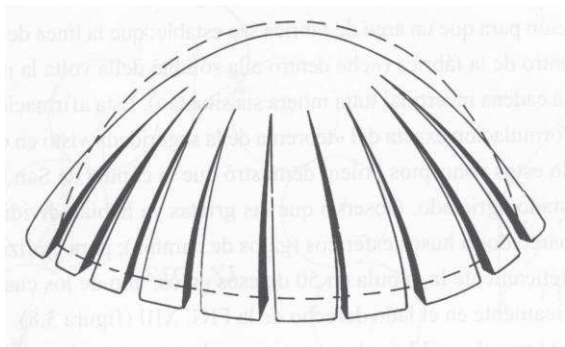


Fig.5. Grietas debido a la acomodación a los asientos. (Heyman, “El esqueleto de piedra”)

Volviendo al concepto de cúpula insistir en que esta es una bóveda aproximadamente semiesférica que cubre un amplio espacio exterior (p.e., *Santa Sofía*, c. 532 d. C. con una luz de unos 31 m; San Pedro de Roma, c. 1560-90, con 42). Una cúpula puede adoptar muchas formas. Tal vez la más sencilla sea la de una cáscara de revolución, en la que todas las secciones horizontales son circulares.

El empleo de un tambor para elevar una cúpula, por ejemplo sobre el crucero de una catedral, es un recurso relativamente tardío (posterior al año 1000 d. C.). Pero tanto si la cúpula está elevada o no la sección circular horizontal debe ajustarse a la estructura portante poligonal. La transición de la planta poligonal a la circular se resuelve con pechinas, una invención bizantina. La necesidad de tales pechinas desaparece si la cúpula en sí misma es poligonal. La cúpula de Brunelleschi en Florencia (c. 1420) y el tambor sobre el que se apoya son octogonales en cada sección horizontal, cubriendo a su vez un espacio también octogonal en el interior de la catedral.

De todas formas hay que tener en cuenta que lo que realmente estaba resolviendo Brunelleschi era una bóveda gótica nervada.

Cualquiera que sea su forma todas las cúpulas de fábrica empujan hacia fuera contra sus apoyos y deben ser contrarrestadas con estos. Así, la cúpula del Panteón de Roma, c. 125 y unos 43 m. de diámetro, que es un hemisferio de hormigón con un óculo abierto al cielo es contrarrestada por el masivo muro cilíndrico de 6 m. de espesor.

Hay que decir, también que una delgada cáscara cupuliforme de material relativamente rígido puede soportar una amplia gama de cargas diferentes simplemente mediante esfuerzos que actúan en el interior de la superficie de la cáscara, esto es, sin flexión. Por otra parte se sabe de forma matemática que la tensión de compresión necesaria para soportar la cúpula tiene un valor independiente del espesor. Se demuestra a continuación.

$$\sigma = \rho a \quad (I) \quad \text{volumen de la cúpula; } V = 2\pi a^2 t$$

$$\sigma(2\pi a t) = \rho(2\pi a^2 t)$$

donde: σ es la tensión que actúa sobre un anillo perimetral.
 ρ es el peso específico del material.
 a es el radio de la cúpula.

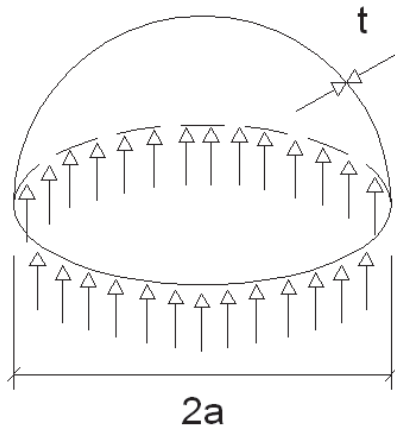


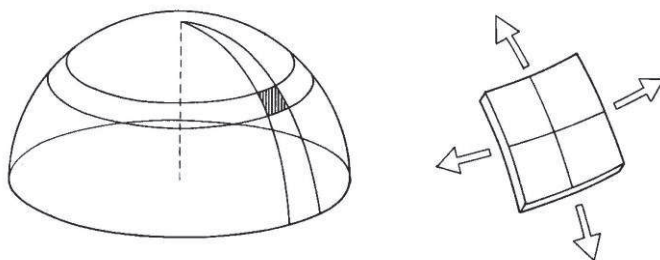
Fig.6. Cáscara semiesférica sometida a su propio peso. (autor)

Como se deduce de la fórmula, el valor t del espesor de la cúpula no es un parámetro que afecte a la tensión en el anillo σ .
 Aplicando la siguiente fórmula obtenemos la resultante de tensiones, N un dato más relevante que el de la propia tensión σ .

$$N = wa \quad (II) \quad N = \sigma t ; w = \rho t$$

donde w es la carga

Tenemos, pues, dos resultantes de tensiones desconocidas N_θ y N_ϕ (tensiones en paralelos y meridianos) componiendo las fuerzas.



N_θ y N_ϕ

Fig.7. Esfuerzos en un elemento diferencial de área en una cáscara. (VV. AA.).

Un elemento crucial en el campo de las cúpulas semiesféricas de espesor constante es precisamente esto; el espesor mínimo que ha de tener la cúpula para contener la línea de empujes. Se sabe que el espesor mínimo de una cúpula de estas características es el 4.2% del radio, esto es, $t/R=0.042$. Este valor disminuye rápidamente para las cúpulas rebajadas (en la cúpula central de *Santa Sofía*, por ejemplo, el ángulo de apertura es de unos 140°).

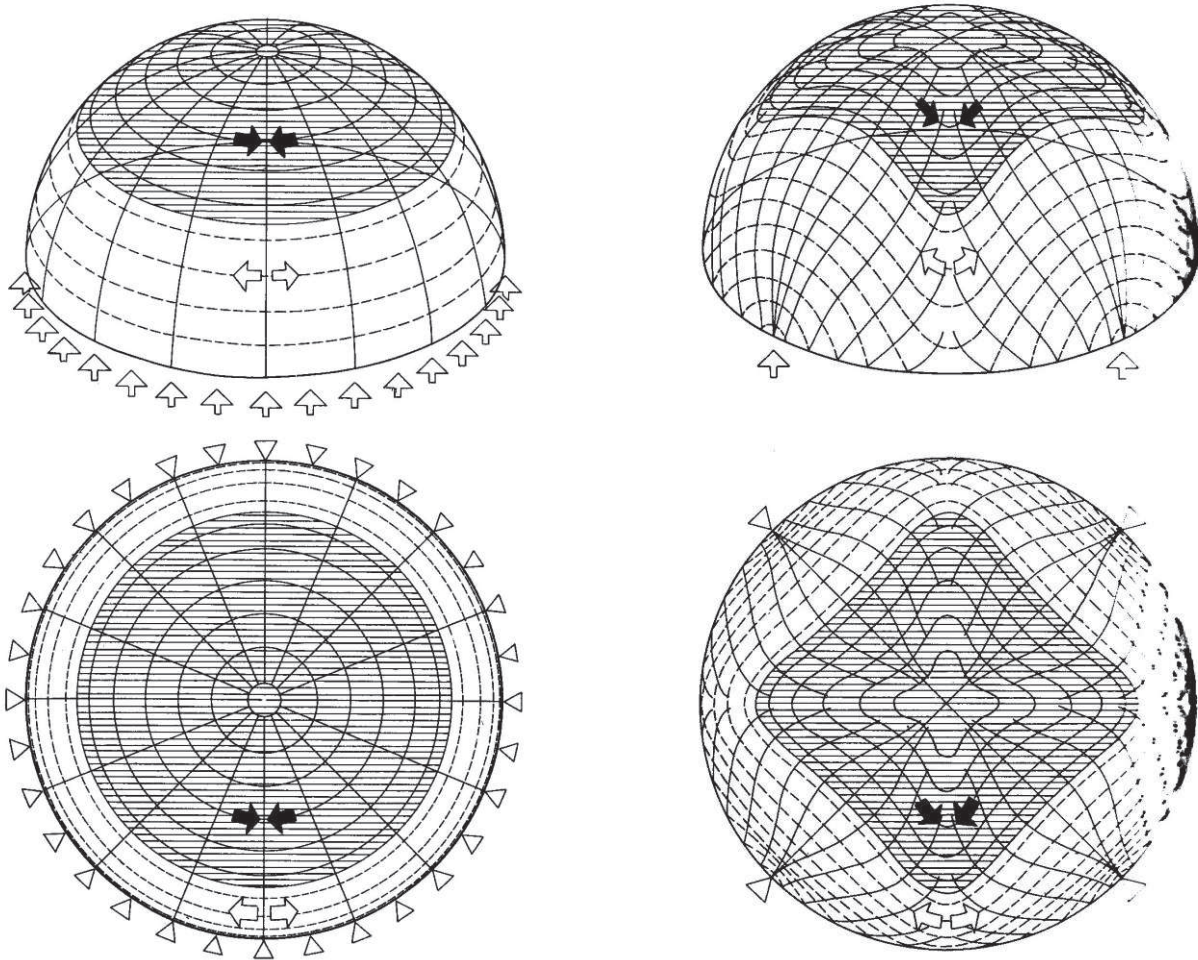
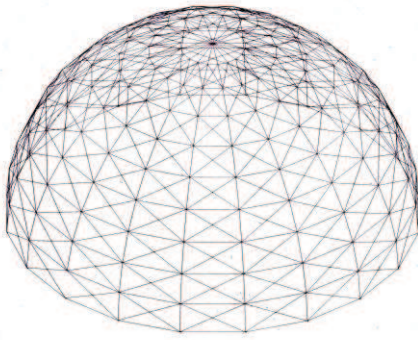


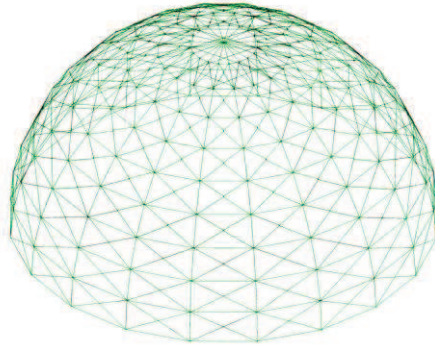
Fig.8. Transmisión de esfuerzos bajo carga simétrica. Apoyo perimetral y en cuatro puntos. (VV. AA.)

A continuación se muestran estudios gráficos genéricos sobre comportamientos de cúpulas sometidas a cargas uniformes realizados en "Tricalc" y "Sap2000". Son, evidentemente, modelos genéricos pero fundamentales para la ilustración del discurso. (Henkel, Requena Ruiz, Mas-Guindal)

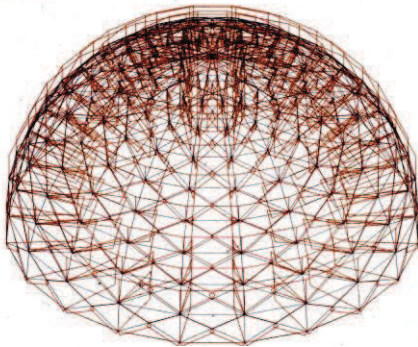
DISCRETIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA



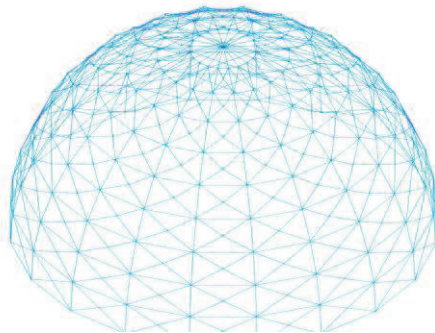
ESFUERZOS: CORTANTES



ESFUERZOS: AXILES



ESFUERZOS: MOMENTOS FLECTORES



DEFORMADA

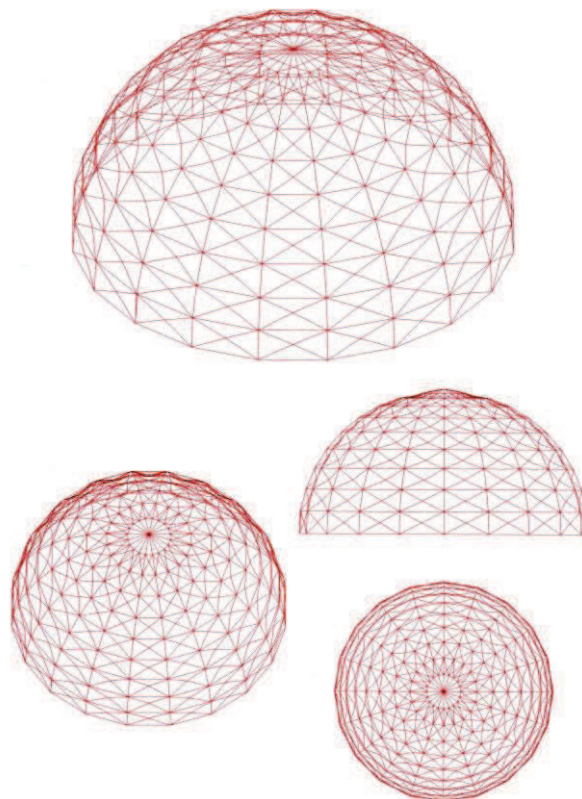


Fig.9. Diagramas de axiles cortantes y flectores en una cúpula semiesférica sometida a carga repartida. (Ignacio Requena Ruiz. "Análisis de tipologías estructurales. Bóveda, lámina, cúpula y paraboloides").

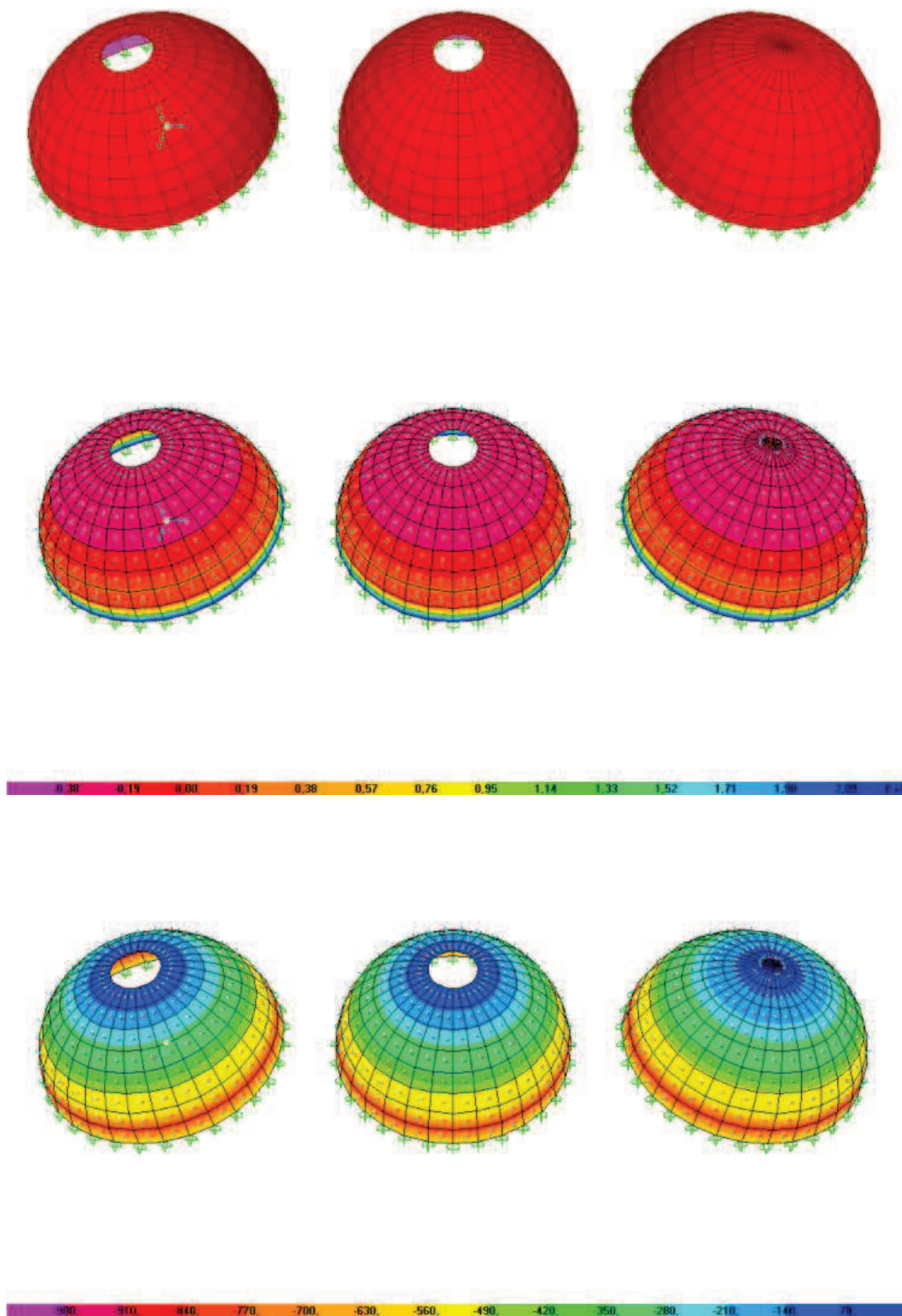


Fig.10. Diagramas de distribuciones de cargas, tracciones y compresiones en una cúpula semiesférica sometida a carga repartida con óculo, linterna y cerrada respectivamente. (Antonio Mas-Guindal Lafarga).

4. SOLUCIONES CUPULADAS.

Llegado a este punto y después de esbozado lo anteriormente a modo de introducción y para situar el tema se ha de hablar del nacimiento y la invención estructural. (2)

Es obvio que el concepto actual de estructura estuvo ligado en sus orígenes al esfuerzo intelectual, a la experimentación y a la observación. Intervino también evidentemente el conocimiento de los materiales constructivos, es decir, sus capacidades y limitaciones.

El proceso de desarrollo estructural se deriva de la solución a los problemas presentados. Es un proceso de afinamiento, desarrollo, análisis y síntesis.

Por otra parte decir que la intuiciones son el uso potencial para la creación. Se está hablando de intuiciones sobre los comportamientos estructurales, intuiciones sobre acciones estructurales (Arquímedes, Leonardo, Alberti, Stevin, Galileo, Newton, Hooke...) e intuición sobre la adecuación estructural – requerimientos estructurales para buscar la solución, escala y proporción.

Ocasionalmente un diseño exhibe un virtuosismo estructural que nos lleva a decir que la intuición da como resultado claridad y precisión. Obviamente existe latente un proceso de prueba-error. El germen de lo posterior se puede encontrar en los arcos y estructuras abovedadas romanos.

La presente tradición de diseño y construcción de edificios con “cáscaras” y estructuras espaciales encuentra sus raíces en el pasado, en la tradición de los arquitectos de la construcción clásica de la Roma Republicana.

Pero antes hay que buscar referencias en el tiempo. Todo parte de los tipos primitivos de viviendas como las chozas de cañas llamadas “srefas”, que aun se construyen en la Mesopotamia árabe igual que en la prehistoria. Esta variante mesopotámica de choza reúne ya importantes elementos constructivos como el arco, el nervio, la estructura y el recubrimiento de la cubierta en una “forma primitiva” de bóveda de cañón.

El siguiente tipo son las denominadas “casas redondas” (3). Las casas redondas se forman a partir del círculo del hogar o de la tienda de los nómadas en un anillo de piedra de dos o tres postes. Están consideradas como la forma más antigua de vivienda.

En el área de Mesopotamia (tomando esta región como primer elemento de importancia geográfica en el discurso) las técnicas de construcción ligera provisional se sustituyen pronto por las construcciones de piedra y arcilla. Los vestigios de este tipo de viviendas han sido excavados y fechados.

6.500 a.c. Jericó, de ladrillo (¿?), 5.000 a.c. Tepe Gawra, de adobe, 4.000 a.c. Aspasiyya y Tell Halaf, de piedra y 3.500 a.c. Chipre, de piedra.

(2) Rowland J. Mainstone, *Structure in Architecture, History, Design and Innovation*. Capítulos I, II y III. GREAT BRITAIN / USA. Ashgate Variorum. 1999. Pp.1-48, 49-73,75-80. (Bibliog. nº 78). Los estudios estructurales de Mainstone serán una constante de referencia en la presente tesis.

(3) Werner Müller y Gunther Vogel. *Atlas de Arquitectura I, De Mesopotamia a Bizancio*. Atlas Alianza (Alianza Editorial). MADRID 1984. MUNCHEN 1974. p.85. (Bibliog. nº 94) Este volumen presenta los elementos constructivos y los problemas resueltos gracias a ellos: la obra arquitectónica aparece, así, como un organismo artificial, resultado de la yuxtaposición de diversos componentes en un todo unitario. El libro es un clásico de la historia de la arquitectura.

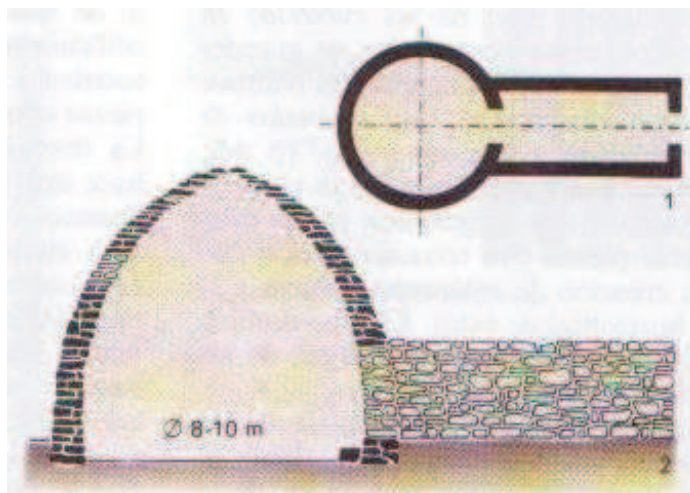


Fig.11. Vivienda en Arpasiyya. Año 4.000 a.c. (Atlas de Arquitectura, Vol. I)

Los diámetros alcanzan en Tepe Gawra los 5 metros y hasta los 10 metros en Arpasiyya. Chipre, puesto avanzado de la cultura mesopotámica en el Mediterráneo, introduce un entresuelo que cubre la mitad de la superficie circular.

La técnica constructiva produce con el material disponible construcciones que muy pronto adquieren validez. Los muros de adobe de Tepe Gawra muestran refuerzos modulares e incluso un contrafuerte de forma semicircular. Las casas de Arpasiyya son falsas cúpulas. Este principio constructivo cobrará mas tarde dimensiones monumentales en los enterramientos de las cúpulas del Egeo.

En efecto, es clave considerar y describir como un antecedente fundamental el llamado Tesoro de Atreo en Micenas. (4).

4.1. TESORO DE ATREO. Micenas. Siglo XIII a.c.

El Tesoro de Atreo es un monumento funerario fechado en el siglo XIII a.c. que se desarrolla a partir de una planta circular de 14.50 metros de diámetro formado mediante anillos de hiladas escalonadas de fábrica cuyas piedras están talladas cuidadosamente dándole un aspecto de iglú. Esta técnica de aproximación de hiladas también se da en Mesopotamia y Egipto.

La estructura se construyó inicialmente en una excavación y fue posteriormente enterrada, esto ayudó a asegurar su estabilidad, ya que la presión del terreno mantuvo la estructura trabajando a compresión excéntrica.

(4) Robert Mark. *Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica. Arte y estructura de las grandes construcciones*. MADRID 2002. Akal/Textos de Arquitectura. ED. Akal. Cap.4, p 169 (Bibliog. nº 85).

Werner Müller y Gunther Vogel. *Atlas de Arquitectura I, De Mesopotamia a Bizancio*. Atlas Alianza (Alianza Editorial). MADRID 1984. MUNCHÉN 1974. P.148-149 (Bibliog. nº 94)

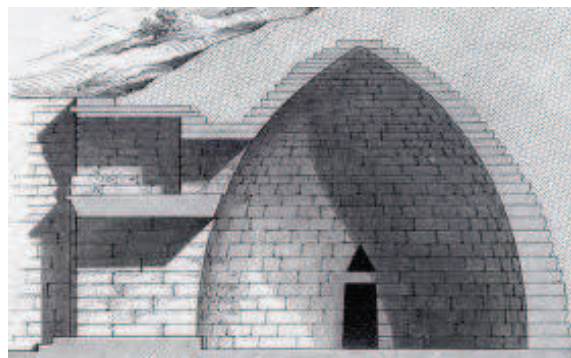
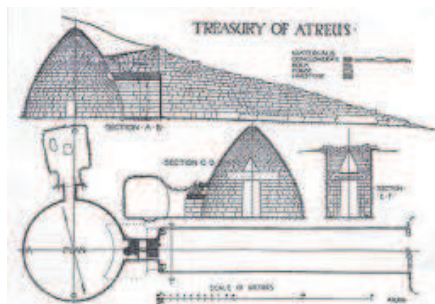


Fig.12. Tesoro de Atreo. Micenas. Secciones. Siglo XIII a.c. (vv aa)

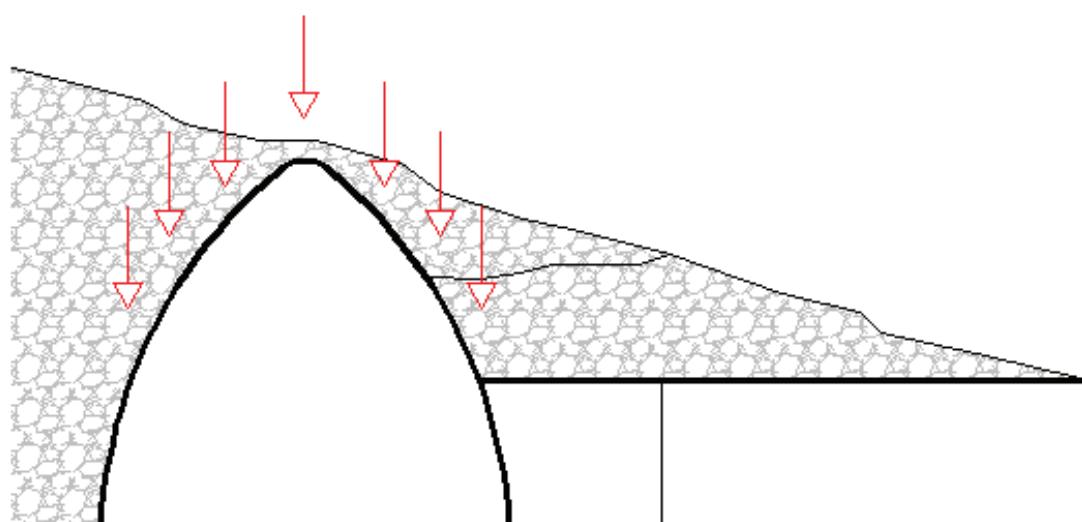


Fig.13. Tesoro de Atreo. El terreno mantiene la cúpula trabajando a compresión. (Gráfico del autor).

El perfil de la sección transversal de la cúpula del Tesoro está algo redondeado aproximándose más a una parábola que a un cono simple y junto a la cuidada unión de la fábrica demuestra una gran destreza por parte de sus constructores.

La transición de la fábrica de piedra o ladrillo al vertido de hormigón para las principales estructuras portantes, propiciado por el descubrimiento de las tierras puzzolánicas sobre el final del siglo II a.c. precipitó la “revolución arquitectónica romana” que permitió a los arquitectos de Roma desarrollar nuevas formas tridimensionales abovedadas y cupulares para cubrir espacios de gran escala dentro de los edificios públicos.

Esto va a ser la continuación de la presente exposición. Se van a analizar constructivamente y estructuralmente edificaciones significativas de monumentos de la época imperial romana.

4.2. DOMUS AUREA. Roma. Año 64.



Fig.14. Domus Aurea de Nerón, Vestíbulo octogonal. Roma. Estado actual. (El Imperio Romano. Taschen)

La Domus Aurea o Casa Dorada de Nerón, construida en el año 64 por los arquitectos Severo y Celer constituye uno de los primeros ejemplos de estas realizaciones romanas cupuladas. (5). Una sala de especial interés, y en particular dentro del contexto de este estudio, es el vestíbulo octogonal.

Para cubrir este espacio se recurrió a una cúpula truncada de hormigón de 13.50 metros de longitud de una parte a otra de las caras internas planas de su base octogonal, sustentada por ocho pilares, arriostrados radialmente, de 5.00 metros de alto que se elevaban 4.50 metros adicionales para terminar en un óculo de 6.00 metros de diámetro.

La forma de la cúpula no es convencional para las construcciones romanas; más achatada que una cúpula semiesférica. Pero esta inconsistencia de forma junto a la innovación general del diseño de la bóveda indica que los arquitectos romanos, durante la mitad del siglo primero no estaban abrumados por unos cánones fijos de diseño.

(5) Robert Mark. *Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica. Arte y estructura de las grandes construcciones*. MADRID 2002. Akal/Textos de Arquitectura. ED. Akal. Cap.4, p 170. (Bibliog. nº 85). Robert Mark es profesor de Arquitectura e Ingeniería Civil.

Henry Sterlein. *El Imperio Romano. Desde los Etruscos hasta la caída del Imperio Romano*. ED. Taschen 1977 pp.74-77. (Bibliog. nº 106). Este libro es una referencia obligada para el entendimiento cronológico de la historia de la arquitectura romana.

La serie de muros radiales tras los pilares, que ayudan a resistir los empujes externos de la cúpula, indican también un alto grado de sofisticación estructural.

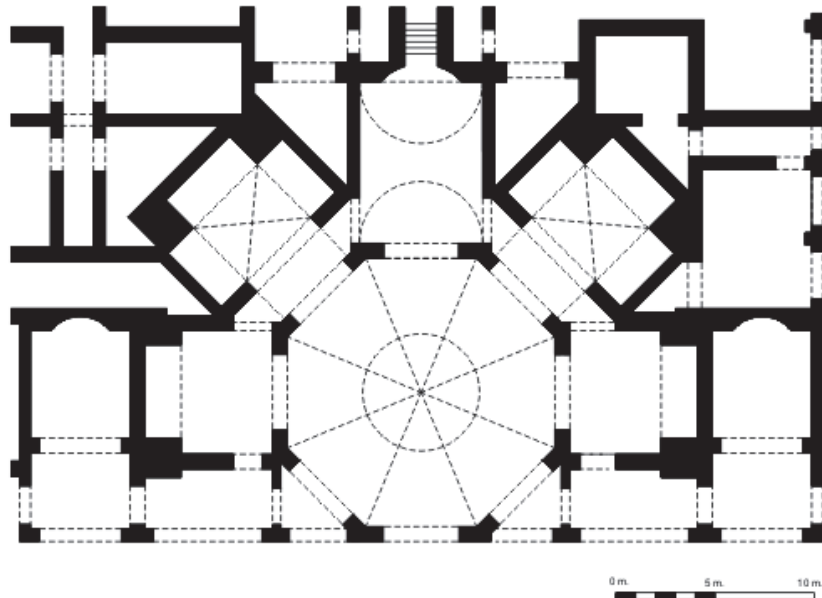


Fig.15. Domus Aurea de Nerón, Vestíbulo octogonal. Roma. Planta. (Dibujo del autor)

Se ve, en efecto, que para ayudar a soportar el empuje de la cúpula los muros radiales que se extienden como una prolongación natural de los soportes son un perfecto contrafuerte. Los soportes aislados, por si solos, no serían capaces de contener el empuje de la cúpula que se transmite en todas direcciones por eso la necesidad de estos muros. ¿Se estaba ya intuyendo el sistema de transmisión de empujes de una cúpula de estas características?. Esta intuición y este modo de comportamiento es lo que se resolvió de manera magistral en el Panteón de Roma.

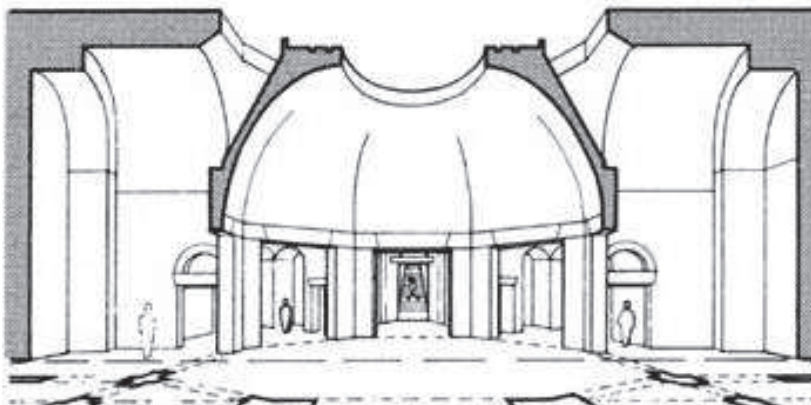


Fig.16. Domus Aurea de Nerón, Vestíbulo octogonal. Roma. Sección (El Imperio Romano. Taschen).

4.3. PANTEÓN. Roma. Años 118-125..



Fig.17. Panteón de Roma. Interior. (fotografía del autor)

Aunque el conjunto del edificio en sí es grandioso, quizá lo más excepcional radique en la cúpula que lo cierra. Cúpula que ha mantenido su peculiaridad durante siglos y que ostentó el “record” durante 18 siglos de cúpula de hormigón de mayor diámetro, concretamente hasta la segunda mitad del siglo XX que fue superada por la cúpula del C.N.I.T. en el Rond Point de la Défense en París.

El primer Panteón, realmente el único que podríamos llamar Panteón de Agripa, no tiene nada que ver con el actual. Marco Agripa, cónsul del emperador Octavio Augusto, construyó, ciertamente un Panteón, pero en el año 27 a.c., esto es, unos cien años antes, del que ahora podemos admirar. Agripa lo construyó en el Campo de Marte, una reestructuración urbanística por la cual el emperador Augusto incorporó una serie de terrenos para actuaciones del Imperio (25 a.c.) Este Panteón original era de planta rectangular y medía aproximadamente 43.76 m. de largo y 19.82 m. de ancho. Estaba orientado al sur y el acceso era por el lado largo del edificio. Delante de él había un espacio circular a cielo abierto. El edificio estaba construido con bloques de travertino y forrado de mármol. Este Panteón sufrió un primer incendio en el 80 d.c. y fue restaurado por Domiciano. Posteriormente sufrió un segundo incendio en época de Trajano en el 110 d.c.

Este segundo acontecimiento fue el que dejó las puertas abiertas a la construcción del actual Panteón, llamado erróneamente de Agripa por la inscripción del friso que reza: “*M.AGRIPPA.L.F.COS.TERTIUM.FECIT*” “Marco Agripa, hijo de Lucio, cónsul por tercera vez, (lo) construyó”.

Durante siglos se pensó que esta inscripción hacía referencia al edificio actual, sin embargo en el siglo XIX las investigaciones echaron por tierra esta teoría. En cualquier caso no sabemos el significado de la incorporación de la inscripción al edificio construido casi un siglo después.

El Panteón actual fue mandado construir por Adriano entre el año 118 y el 125 d.c. El arquitecto autor del prodigio fue Apolodoro de Damasco (Siria 97 d.c. – Roma 130 d.c.) Apolodoro de Damasco había trabajado profusamente en Roma antes de acometer la construcción del Panteón. Edificó obras en el Foro de Trajano y entre otras erigió la famosa columna Trajana. Quizá todo este trabajo contribuyó al encargo de la construcción del Panteón. Este arquitecto, seguramente conocedor de las cúpulas orientales, ha pasado a la historia como el artífice de la cúpula más grandiosa del mundo antiguo y acaso del moderno. La construcción de una cúpula semiesférica sobre un tambor circular era típico de la arquitectura de la época. Tenemos antecedentes como la Villa Adriana en Tívoli, Termas de Agripa o las Termas de Caracalla en Roma.

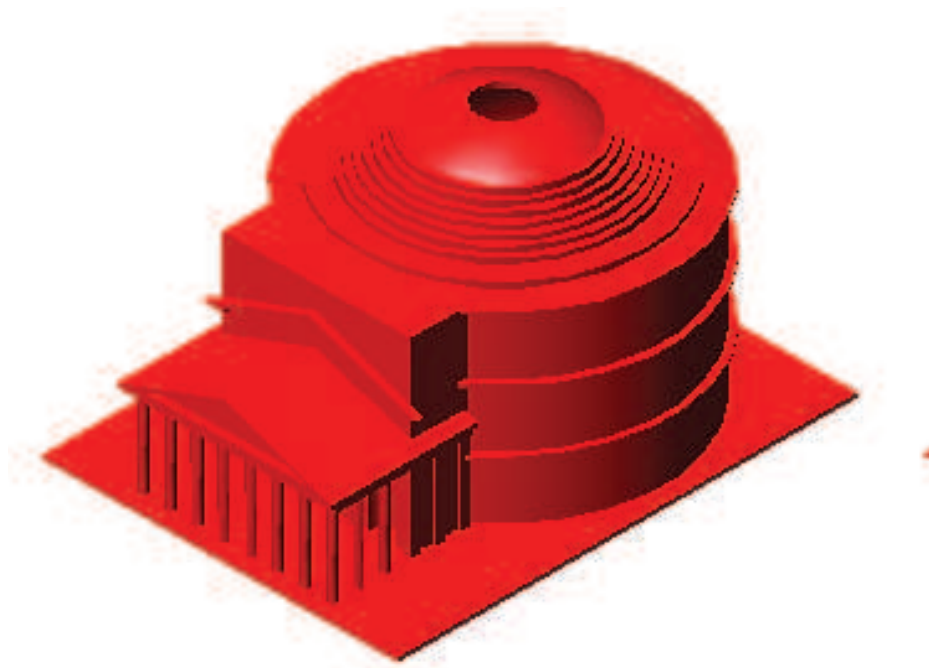


Fig.18. Panteón de Roma. (Construcción 3D del autor).

La estructura formal del edificio es sencilla. Un potente cilindro (rotonda) cubierto por una cúpula semiesférica y un pronaos con forma de frontón enmarcando la entrada.

El interior de la rotonda albergaría una esfera de 43.30 metros de diámetro, desde la base del solado hasta el óculo de la cúpula. El cuerpo principal es un tambor de 6.00 metros de espesor con tres sectores superpuestos ritmados por cornisas, en cualquier caso la mampostería se aligera a medida que sube, así como el espesor de las paredes. El espesor se ve atravesado, en puntos, por bóvedas de ladrillo. El diámetro interior del tambor es de 43.30 metros. El interior de la rotonda se constituye por niveles. En el nivel inferior se abren ocho amplias exedras de planta trapezoidal y semicircular alternativamente. Los nichos están enmarcados por un orden de pilastras y columnas con un entablamento corrido en todo el

perímetro, excepto en la exedra del eje principal. En un segundo nivel, desde el entablamento hasta la imposta de la bóveda, hay una fila de ventanas.

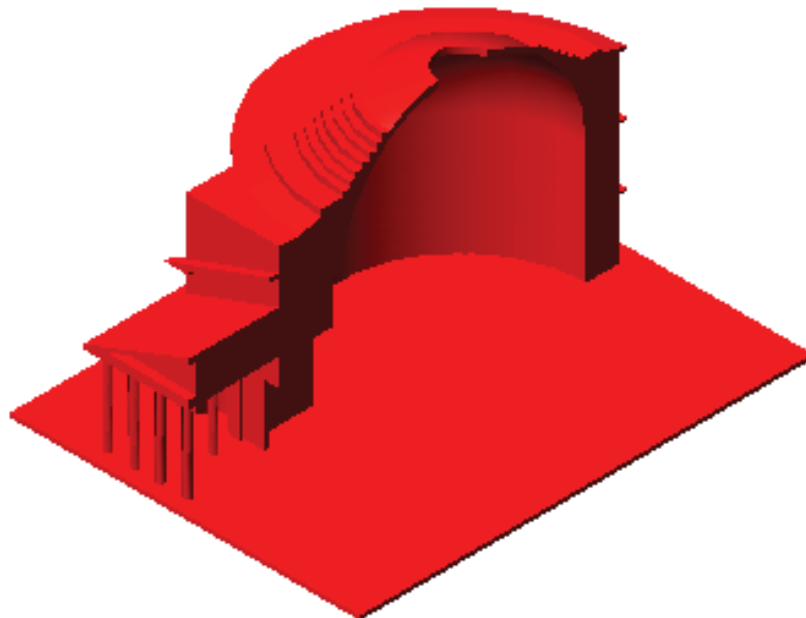


Fig.19. Panteón de Roma. Sección longitudinal. (Construcción 3D del autor).

Al exterior la cúpula arranca de una sobreelevación del muro a 8.40 m. por encima del arranque y se encuentra articulada por siete anillos superpuestos. Esta cúpula se constituyó por una colada de hormigón única que, como ya se refirió mantuvo su grandiosidad durante siglos.(6)

Se van a dar otra serie de cifras que aportarán más datos del edificio. El diámetro de la rotonda es de 43.30 m. (aproximadamente 141 pies romanos, tomando como referencia 1 pie = 30.4964 centímetros.).El diámetro de óculo es de unos 9.00 metros .El espesor de la cúpula varía entre los 3.00 metros. En la base y los 1.50 metros en el óculo.

Apuntar, también lo que referencia Chueca Goitia (7) sobre el comentario de Spengler respecto al Panteón.

(6) Robert Mark. *Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica. Arte y estructura de las grandes construcciones*. MADRID 2002. Akal/Textos de Arquitectura. ED. Akal. Cap.4, p 170. (Bibliog. nº 85).

Henry Sterlein. *El Imperio Romano. Desde los Etruscos hasta la caída del Imperio Romano*. ED. Taschen 1977 p. 253. (Bibliog. nº 106).

Werner Müller y Gunther Vogel. *Atlas de Arquitectura I, De Mesopotamia a Bizancio*. Atlas Alianza (Alianza Editorial). MADRID 1984. MUNCHÉN 1974. P.153-153. (Bibliog. nº 94).

(7) "El Panteón, noble fusión de lo romano con decoración griega bajo una concepción espacial que trasciende el orientalismo". Sepengler llamó al Panteón la primera mezquita de Occidente.

F. Checa Goitia. *Historia de la Arquitectura Española*. Tomo I. Ávila 1965 (reimpresión facsímil, 2001). (Bibliog. nº 23).

Como ya se ha mencionado anteriormente encontramos referencias de cúpula semiesférica sobre tambor en la Villa Adriana de Tívoli, en las Termas de Agripa o en las Termas de Caracalla. Evidentemente son referencias pero no pueden compararse en magnificencia con la cúpula del Panteón.

Estamos en un momento en el que las cúpulas de hormigón empiezan a configurarse como una aportación romana en el mundo de la construcción.

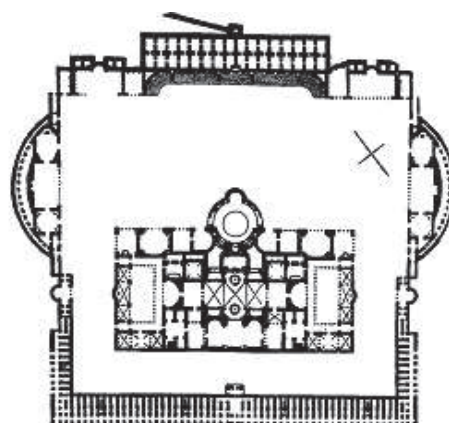


Fig.20. Termas de Caracalla. (Construcción 3D del autor).

Planta del conjunto.

La clave de la evolución está en el nuevo hormigón romano. Su composición sustituyó ciertas arenas por la siguiente composición de mortero: cal+puzolana + arena gruesa y el árido que se constituye por cascotes y cascajos de cerámica. Esta mezcla se prepara y se vierte en tongadas sucesivas de mortero y piedras pequeñas. Se han hecho pruebas y se ha concluido que la resistencia a rotura del hormigón romano (Lamprecht 1987, sobre 44 probetas). (8) es de 10 –20 N/mm², bastante similar a los hormigones actuales. Por otra parte los ladrillos romanos tenían varias medidas pero las más habituales eran los cuadrados de 60x40 centímetros y 4-5 de espesor y los rectangulares de 60x15 centímetros. La resistencia a compresión de la fábrica de ladrillo se estima en 2-10 N/mm².

En este tipo de construcción de bóvedas, la armadura (roscas de ladrillo) de las bóvedas solo desempeña un papel resistente, mientras el hormigón está todavía sin fraguar y precisa un soporte auxiliar. Tras el fraguado actúa todo de forma monolítica.

(8) Santiago Huerta. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Instituto Juan De Herrera, Madrid, 2004. (Bibliog. nº 60).

En este tipo de cúpulas, de fábrica, cada rebanada horizontal forma un anillo que tiende a mantenerse en equilibrio por sí sola. Una cúpula de planta circular precisa más un molde para controlar su curvatura que un esqueleto resistente.

Por lo que respecta a conceptos puramente mecánicos, se podría realizar la siguiente pregunta ¿tiene sentido hablar de contrarresto en este sistema constructivo? Evidentemente no, ya que todos los elementos están unidos entre sí formando una masa coherente, monolítica. Hay que dar una superficie de apoyo que resista la carga vertical.

La gran ventaja de las cúpulas monolíticas es que pueden sostenerse sin un contrarresto exterior. Después de macizar con hormigón la cúpula entra en carga con lentitud y experimenta deformaciones durante un periodo largo. Permitir estos movimientos sería arriesgarse a graves daños, la masa estaría sometida a flexiones. Hay que oponerse a este movimiento de deformación, ¿cómo?: encerrar los riñones, que tienden a separarse, entre potentes estribos. En el Panteón la solución es simple: aumentar el tamaño de los machones verticales (muros) dejando grandes huecos en su interior para disminuir el gasto de material.

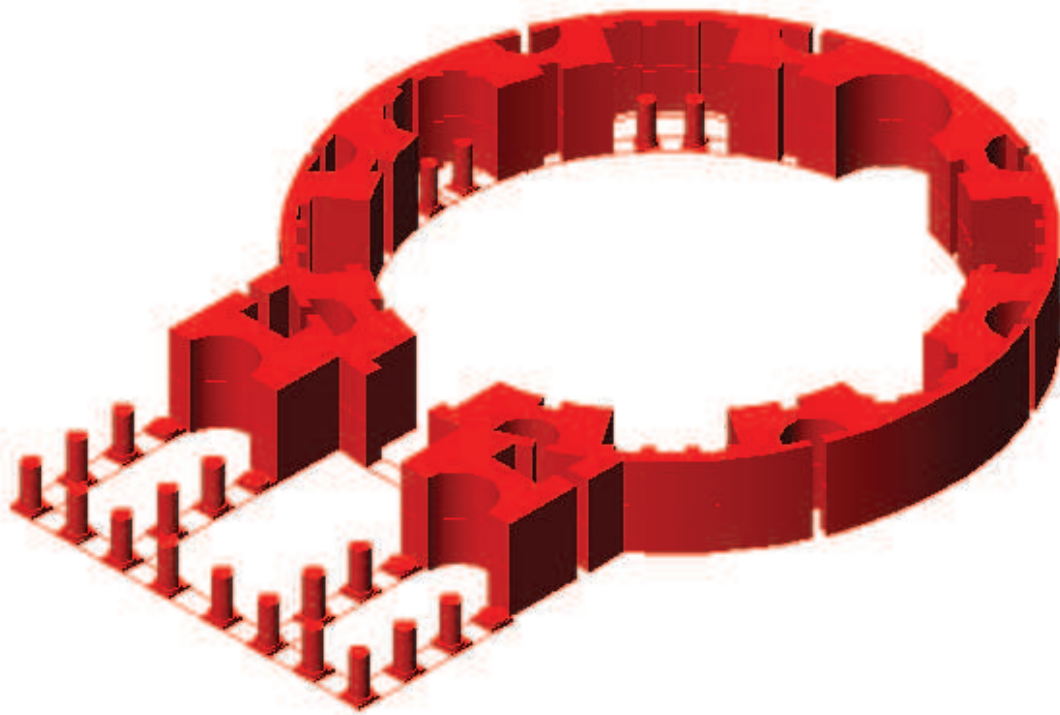


Fig.21. Panteón de Roma Sección horizontal. (Construcción 3D del autor).

El “fenómeno estructural” que representa el Panteón, la solución de sus problemas, los conceptos de pesos, cargas, empujes, sollicitaciones, etc. harán de éste una referencia obligada a partir de ahora en cualquier edificio cupulado

posterior. Referencia obligada también es la autoría del mismo: Apolodoro de Damasco, el arquitecto romano de origen sirio que conocía los modos y maneras de la construcción de cúpulas orientales.

El Panteón es uno de los escasos edificios que han llegado hasta nosotros en una forma que permite, no sólo reconstruir los propósitos del arquitecto, sino captarlos directamente. Donde ha habido menos cambios es donde menos importa, en el exterior.

La importancia de este edificio no es sólo estética, sino que supuso una auténtica aportación de la cultura romana a la propia historia.

4.4. PALACIO DE SPALATO. (actual Split), Año 298

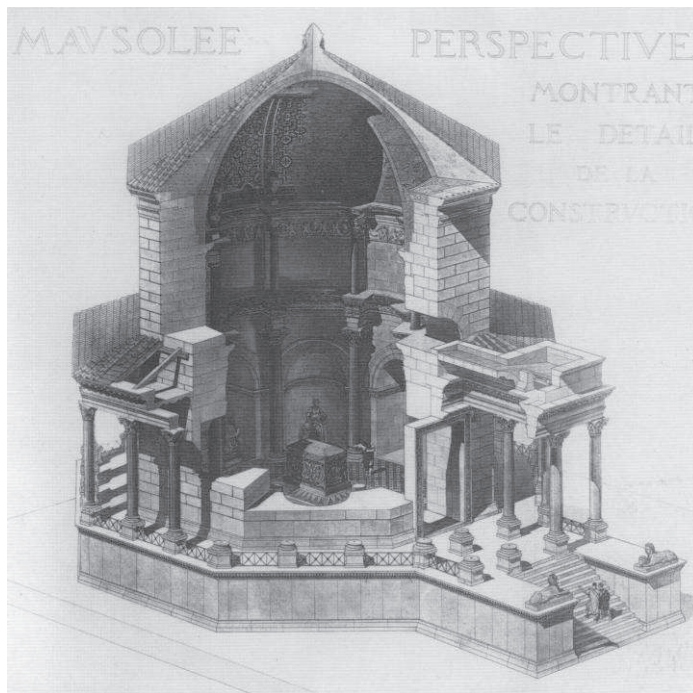


Fig.22. Mausoleo Palacio Spalato. (Hernst Hébrard, *Le Palais de Dioclétein* 1912. MADRID. Instituto Juan de Herrera 2010).

En el Palacio de Diocleciano comenzado a fin de 298 se encuentra en el Mausoleo el edificio más relevante del conjunto. (9).

El Mausoleo junto con las subestructuras es el elemento mejor conservado al ser convertido en catedral.

(9) Ernest Hébrad y Jacques Zeiller. El Palacio de Diocleciano en Spalato, fascimil: Spalato. *Le Palais de Dioclétein*. MADRID. Instituto Juan de Herrera 2010. Pp.28-33. (Bibliog. nº 57).

Ernest Hébrad es un tratadista y arquitecto que destacó por sus bellas ilustraciones y estampas de edificios.

Tanto funcional como formalmente el edificio es una síntesis del templo circular y del sepulcro monumental de la tradición romana.

Se trata de una estructura octogonal al exterior y circular al interior coronada por una cúpula semiesférica. No era sólo un lugar de enterramiento, se trataba de un monumento funerario destinado a conmemorar la muerte del Emperador. De ahí que este tipo de edificios (heroa) optasen por una planta circular semejante a la de los templos. En cualquier caso resulta evidente que los sepulcros monumentales de los romanos derivan del túmulo etrusco o cámara funeraria.

Independientemente la arquitectura romana desarrolló los espacios de planta central abovedados para usos varios, siendo como ya se ha citado, las salas termales uno de los más significativos, aunque fuese el Panteón de Roma el instituido como modelo clásico.

El Mausoleo de Diocleciano, en su doble función de sepulcro y templo del Emperador divinizado supone una síntesis entre el edificio cilíndrico de fábrica cubierto con cúpula y el “tholos” rodeado de columnas.

En su interior circular de 13.31 metros de diámetro y 21,5 metros de altura se abren cuatro nichos semicirculares y cuatro rectangulares, uno de los cuales constituye la entrada. En los machones intermedios se levantan ocho columnas exentas.

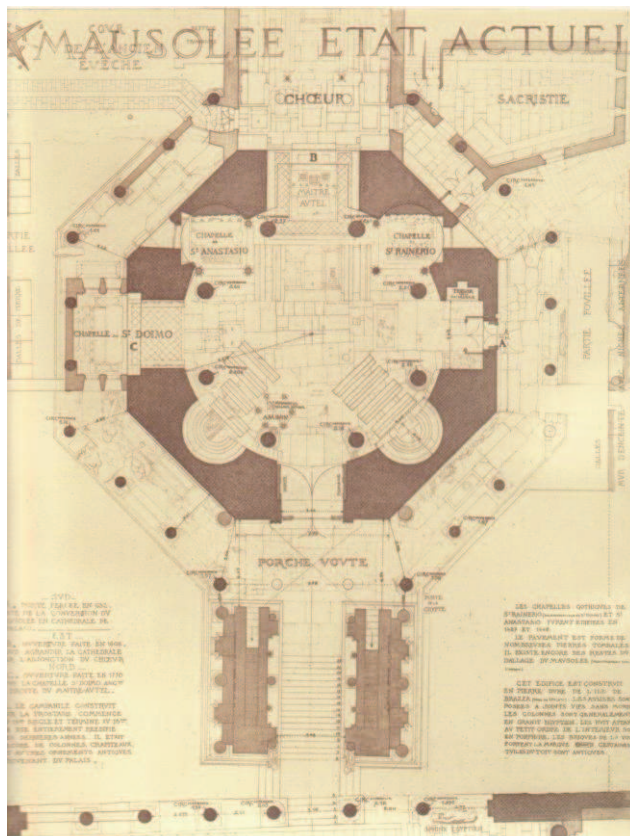


Fig.23. Mausoleo Palacio Spalato, Planta. (Hernst Hébrard, *Le Palais de Dioclétein* 1912. MADRID. Instituto Juan de Herrera 2010. Edición de la ETSAM).

Sin embargo, el elemento más singular del Mausoleo lo constituye la solución constructiva de la cúpula, que se resuelve mediante dos casquetes concéntricos de unos 30 centímetros de espesor. El casquete interior, ejecutado en ladrillo, se resuelve mediante un sistema de pequeñas trompas que se encaraman las unas a las otras; esta ordenación en escama de pez se crea al ser cada ladrillo la dovela de un arco y cada arco descargar a su vez sobre las claves inmediatamente inferiores. El casquete exterior se realizó en hormigón ligero, sirviendo el casquete interior de encofrado del vertido. Este tipo de construcción suponía el último logro en las soluciones romanas abovedadas presagiando la construcción bizantina. Las cubriciones de hormigón masivo que requerían grandes cimbras fueron sustituidas por las cúpulas de fábrica de ladrillo o tubo hueco de elevación autoportante.

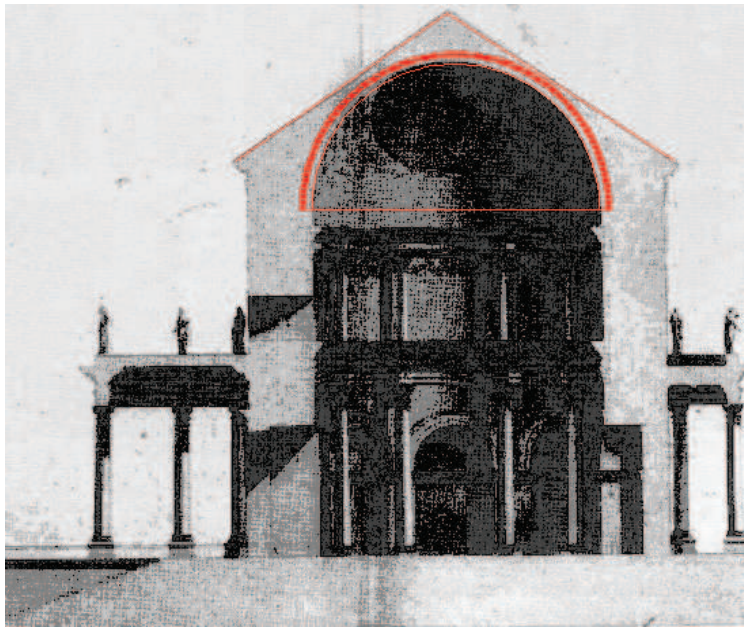


Fig.24. Mausoleo Palacio Spalato, Sección. (Hernst Hébrard)

Las relaciones de semejanza entre este edificio y el de la sala octogonal de la Domus Aurea de Nerón son más que patentes, incluso en las proporciones, ya que aquel tenía una distancia diametral de 13.50 metros por los 13.31 metros de éste. La diferencia radica en la cubrición: cúpula truncada achatada y cúpula semiesférica de doble cáscara. Entre ellas está el Panteón que aunque evidentemente no es comparable en dimensiones si lo es en espíritu. Retrocediendo más atrás en el tiempo también se hace patente la relación de estas realizaciones con el llamado Tesoro de Atreo en Micenas. Se está marcando un camino evolutivo claro en la solución de edificios cupulados.

Como ya se ha mencionado anteriormente es obligada la referencia a los edificios termales; termas como las de Caracalla o las del mismo Diocleciano son fundamentales en el progreso del uso de las bóvedas de hormigón en los edificios monumentales, así como notoria resulta la aportación de las basílicas, también experimentos in situ de soluciones abovedadas.

4.5. BASÍLICA NOVA. Roma. Principios siglo IV.



Fig.25. Basílica Nova. Roma. (Fotografía del autor).

Las basílicas romanas eran edificios civiles que posteriormente adoptaron los cristianos para sus cultos religiosos. Entre las varias construidas en Roma la Basílica Nova (también llamada de Constantino-Magencio) es una de las más espectaculares a nivel técnico. (10).

El espacio diáfano de la Basílica Nova superaba los 25.00 metros (auténtico record mundial). Las bóvedas de arista de planta cuadrada que se elevaban hasta los 35.00 metros por encima del suelo permiten la existencia de claristorios bien iluminados, mientras que las exedras que los flanqueaban, de igual extensión que las altas bóvedas, fueron cubiertas con bóvedas de cañón transversales de 15 metros de luz entre los muros de soporte.

(10) Robert Mark. *Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica. Arte y estructura de las grandes construcciones*. MADRID 2002. Akal/Textos de Arquitectura. ED. Akal. Cap.4, p 174. (Bibliog. nº 85).

Auguste Choisy. *El Arte de construir en Roma*. MADRID. Instituto Juan de Herrera 1999. Pp. 62-64. (Bibliog. nº 21).

R. Furneaux Jordan. *La Arquitectura Occidental*. ED. Destino. P. 49 (Bibliog. nº 43).

Este es el caso en el que las bóvedas de arista se imponen de una forma natural, y es cuando se trata del abovedamiento de espacios formados por una nave central y dos laterales.

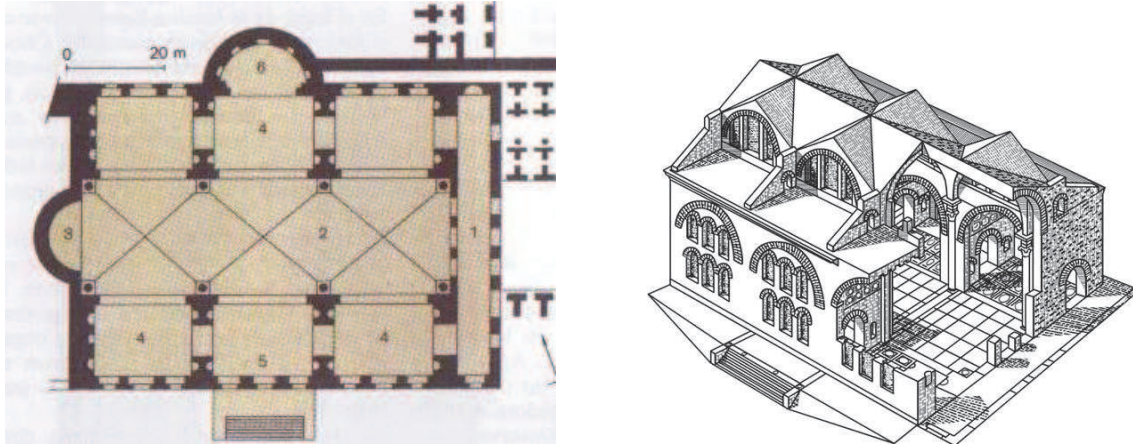


Fig.26. Basílica Nova. Roma. Planta y axonometría seccionada. (Atlas de Arquitectura I).

4.6. TEMPLO DE MINERVA MÉDICA. Roma. Siglo IV



Fig.27. Minerva Médica. Roma. (Fotografía 1917).

El edificio del siglo IV conocido como el Templo de Minerva Médica en Roma marcará el desarrollo romano posterior desde los edificios abovedados similares al Panteón hasta una construcción más basada en el esqueleto.

La estructura portante es un decágono compuesto por diez pilares atados con arcos. (11). Excepto por la inexistencia del óculo central, el perfil exterior de su cúpula casi semicircular de 25 metros de diámetro cuya coronación se elevaba 29 metros por encima del suelo, era semejante a la del Panteón, incluso en sus anillos escalonados. Pero el uso de nervaduras de ladrillo en la cúpula representa un avance en la construcción romana.

Antes de levantar completamente las nervaduras como un esqueleto de la primera fase de la construcción de la cúpula probablemente estos se levantaron junto con el relleno de hormigón; y en varias etapas del proceso de construcción de la cúpula truncada e inacabada fue cubierta por anillos contiguos de grandes tejas.

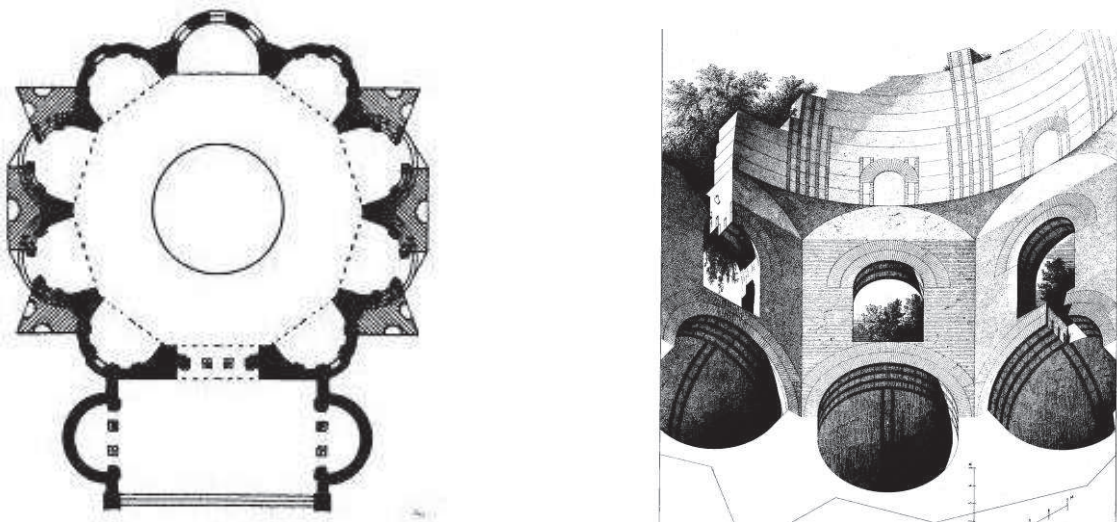


Fig.28. Minerva Médica. Planta y estructura de la bóveda. (Choisy)

En cualquier caso este sistema de nervaduras no era utilizado como elemento estructural. Al fraguar el hormigón ya formaban parte del todo, esto es, la bóveda se convertía en un monolito hecho de materia plástica que exige un molde mitad ladrillo, mitad encofrado de madera. El ladrillo permanece embebido y contribuye a la resistencia incorporando a la bóveda la mayor parte del molde que soporta.

(11) Robert Mark. *Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica. Arte y estructura de las grandes construcciones*. MADRID 2002. Akal/Textos de Arquitectura. ED. Akal. Cap.4, p 176. (Bibliog. nº 85). Robert Mark. Profesor emérito de ingeniería civil y arquitectura en la Universidad de Pinceton
 Auguste Choisy. *El Arte de construir en Roma*. MADRID. Instituto Juan de Herrera 1999. Pp. 72, 73. (Bibliog. nº 57).

Hasta aquí se ha hecho un escueto análisis formal y estructural de edificios cupulados de planta centrada lo suficientemente significativos y documentados que forman el sustrato de la evolución que conduce a los métodos y técnicas que posibilitaron estos edificios y los posteriores en el tiempo.

Ya cerca de la caída del Imperio Romano Occidental todos estos logros técnicos desaparecerán y tomará el relevo el Imperio Romano Oriental; Bizancio. En el Imperio bizantino se recogerán usos y modos técnicos y maneras de hacer de la parte occidental pero aparecerá una impronta propia que marcará la línea de su arquitectura y que tiene como momento de máximo esplendor la iglesia de Santa Sofía en Constantinopla, la gran creación del emperador Justiniano.

En la Europa Occidental el Medioevo produjo igualmente, pero las naves contiguas exigieron una estabilidad que no respondía a la simetría polar.

5. ARQUITECTURA BIZANTINA (SIGNIFICANTES MECÁNICOS)

En el presente capítulo se abordan elementos concernientes a la arquitectura bizantina que se articularán con el cuerpo de la tesis, modos, maneras, materiales y técnicas. Es un paso preparatorio y necesario para el estudio de la iglesia de Santa Sofía de Constantinopla que a su vez se vinculará con las realizaciones otomanas posteriores. Esto es; el estado de la cuestión.

A modo de introducción se hará una breve sinopsis histórica para situarse haciendo un rápido recorrido histórico por el Imperio Bizantino.

Hacia el 476 los rasgos del Imperio Bizantino han fraguado y son explícitos. Se trata de un imperio extenso, culto y de regiones de larga tradición en el uso de la escritura, de la reflexión filosófica y de la disputa teológica. La lengua dominante es el griego y mantiene el vigor de las instituciones y de la cosa pública. Es un imperio romano y es un imperio cristiano. Desde mediados del siglo V el patriarca de Constantinopla se convertirá prácticamente en un Papa de Oriente.



Fig. 1. Fotografía aérea de Constantinopla y el Cuerno de oro. (Yerasimos).

El momento de máximo esplendor del Imperio Bizantino se da con Justiniano I, que recuperará la hegemonía en el Mediterráneo.

En tiempos de Justiniano se había conseguido una tregua que permitió a éste sus conquistas por el Mediterráneo Occidental y un corto periodo de dominio sobre gran parte del imperio antiguo. En el siglo VII comenzó una época de crisis, ya que la vecindad entre persas y helenos, aunque enriquecedora en el ámbito cultural, nunca fue cómoda, de hecho, en este periodo comienza la ofensiva de los persas que tomaron las grandes ciudades de Oriente, aunque en el 610 el emperador Heraclio recuperó gran parte de las ciudades griegas, Siria y Asia Menor. En esta época, del 610 al 717 se instaura en el poder la dinastía de Heraclio que aunque salpicada de crisis y transformaciones produce la separación entre el pasado romano y el futuro bizantino. El Imperio se va helenizando y el griego sustituyó al latín como lengua oficial.

Entre el 717 y el 867 se instalará la dinastía isáurica y se produce el enfrentamiento entre los iconóculos y los iconoclastas, teniendo especial relevancia este enfrentamiento en el ámbito del arte. Entre el 867 y el 1050 está en el poder la dinastía macedónica que encabeza, en alguna medida, la recuperación del Imperio. La Iglesia Ortodoxa ha roto ya con el catolicismo romano, hecho este que será fundamental en manifestaciones artísticas y arquitectónicas.

5.1. EL ORIGEN EN LA ARQUITECTURA PALEOCRISTIANA.

Tras el Edicto de Milán (313), surgió la necesidad de crear una nueva construcción que albergase las necesidades del nuevo culto. El ejemplo que tenían era el de las basílicas romanas que aunque eran edificios civiles se podían adaptar bien a las necesidades de la religión cristiana.

La basílica paleocristiana es un edificio de planta axial terminado en un ábside. Esto tenía el inconveniente de no tener un espacio central. Es pues en los edificios palaciegos donde hay que buscar el origen del edificio de planta central con cúpula que aparecerá en el espacio bizantino posteriormente. Los grandes complejos imperiales romanos contenían estructuras de este tipo como las salas octogonales de la Domus Aurea de Nerón (año 64), o también la sala octogonal de la Domus Augusteana de Domiciano (año 92). Ambas salas estaban rematadas con cúpulas con óculo (1).

El templo de Minerva Médica en Roma es un modelo más desarrollado (año 300). A estos se les añadían nichos cuadrados y circulares. Este esquema evolucionó y se plasmó en edificios como el Palacio de Antíoco (año 416). Un edificio clave en todo este proceso es el llamado Octágono Dorado de Antioquia construido en época de Constantino (Iglesia de la Divina Armonía) entre 327 y 341(2). Este edificio se adelantó 200 años a Santos Sergio y Baco y a Santa Sofía. La planta central pasó de los palacios a los mausoleos paganos y de estos a los Martirya a través de los cuales se introdujo en la arquitectura religiosa cristiana. Pero en este esquema de difusión se produjeron numerosas excepciones, sobre todo en Siria donde muchas iglesias de planta central y poligonal presentan nichos y exedras sin ser específicamente Martirya.

El origen de este tipo de planta es palaciego y romano pero su uso en edificios cristianos surgió en Siria en un momento en el que en Constantinopla aún se construían basílicas, es decir, a finales del siglo V y principios del VI.

(1) Y (2). Estos y otros edificios citados aquí han sido tratados en el capítulo anterior con sus referencias correspondientes. (nota del autor).

Las iglesias con cúpula y planta central de Constantinopla, cuya aparición precedió en algunos años a la llegada de Justiniano en el 527, tendrían así sus orígenes tanto en edificios palaciegos de Constantinopla como en las iglesias sirias.

En Bizancio no fue hasta la época de Justiniano que la planta centralizada y la cubierta de cúpulas o abovedada se convirtieron en los elementos más característicos del arte bizantino. Los antecedentes se podían encontrar en la ciudad de Gerasa (actual Jordania) en el siglo II, en donde aparecen pechinas y arcos torales. Pechinas conformadas como triángulos curvilíneos y trompas como bovedillas semicónicas, además de arcos dispuestos en los vértices de la base cuadrada para facilitar el paso a un octógono.

La originalidad bizantina y la cubierta no se entendieron como algo estático, sino como un organismo dinámico en el que los empujes de la cúpula central se contrarrestan con otras cúpulas secundarias que, a su vez, transmiten los suyos a otra serie de cúpulas más pequeñas que descansan en los muros, reforzados o no por contrafuertes exteriores. Los elementos constructivos en Roma eran la fábrica de piedra, el hormigón y la armadura de ladrillo, mientras que en Bizancio predominaba la fábrica de ladrillo.

Lo único que tendrían en común los procesos constructivos es que ambos se quieren liberar de la sujeción de las obras auxiliares y de las instalaciones provisionales. Esta búsqueda de la economía es una tendencia inherente al buen sentido práctico. En Roma la bóveda es un monolito hecho de materia plástica que exige un molde mitad ladrillo mitad armadura de madera. El ladrillo permanece embebido y contribuye a la resistencia. En suma, el procedimiento occidental incorpora a la bóveda la mayor parte del molde que soporta.

El procedimiento oriental consiste en abovedar sin cimbras, esto es, elevar las bóvedas en el espacio sin soporte de ningún tipo. No es una variante del método romano, es un sistema bien distinto, de origen asiático. El arte de construir se plegaba a este cambio, se transformaba, helenizó los tipos asiáticos y encontró en estos tipos transformado, su verdadero renacimiento.

El arte bizantino representa el carácter griego actuando en una sociedad semiasiática sobre elementos tomados de la vieja Asia. Se pueden captar los rudimentos de la construcción bizantina incluso en las más antiguas civilizaciones de oriente, más allá de la época romana. Los asirios ya conocían la cúpula en sus dos variedades principales: la cúpula peraltada y la cúpula esférica.

Cuando en Bizancio adoptan la construcción sin cimbras, esta ya contaba con 18 siglos de antigüedad pero ¿dónde?, ¿Persia, Asiría o Egipto? Todo apunta a Persia donde ya se utilizaban ladrillos de arcilla (medios que tenían al alcance y ausencia de madera).

Para disponer los bloques de arcilla directamente en el espacio el modo de construcción sin cimbra era el único posible.

Nada autoriza a pensar que el ladrillo cocido fuese uno de los elementos constructivos empleado en Asia Menor antes de la época romana, más bien debió aparecer al mismo tiempo que en Roma, y su introducción a gran escala en los trabajos de construcción no puede ser anterior a los últimos años de la República Romana.

Las bóvedas sobre pechinas aparecen ya en Gerasa y parecen constituir un tipo exclusivo de Siria.

El empleo de cerámicas dispuestas en espiral, o colocados como dovelas no aparecen más que en los edificios romanos del Exarcado como en la iglesia de San Vital de Rávena. La diversificación se debe a la presencia de varias escuelas en el arte del alto Imperio y reside en el carácter totalmente particularista de la organización local de las provincias y las ciudades del Imperio Griego.

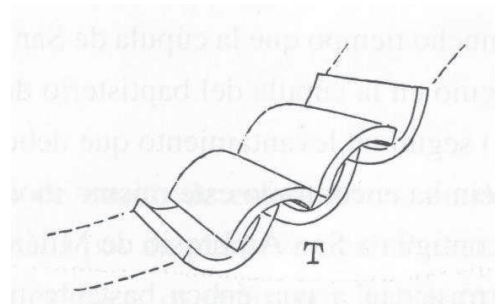
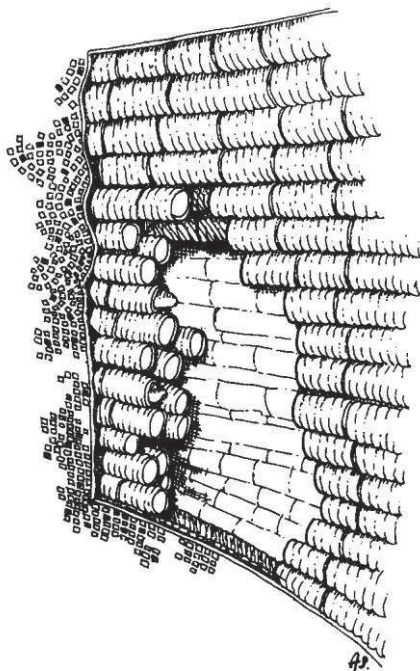


Fig. 2. Constitución de bóveda por tubos huecos y tejería enlazada. (VV. AA.)

Uno de los principios fundamentales del tránsito entre los métodos romanos y bizantinos es que los constructores que habían confiado en la simple cohesión de las fábricas de sus bóvedas cesaron, poco a poco, de considerarlas como monolitos artificiales buscando en la combinación de empujes un nuevo principio de equilibrio.

En contra de los hábitos romanos intentaron reducir el peso de sus bóvedas, pasaron de las bóvedas de arista al perfil peraltado e intuyeron por si solos, originales disposiciones en planta desconocidos en la antigüedad. De este modo acabó por constituirse la arquitectura bizantina.

Otro de los elementos se pueden particularizar en el reinado de Constantino, que para defensa de las regiones orientales buscó una capital entre el frente germánico y el persa, entre Europa y Asia, de esta forma en el 324 Bizancio pasó a llamarse Constantinopla y se convertía en la capital del Imperio Romano reunificado por Constantino el Grande. Bizancio, antigua colonia griega, se convierte en la nueva Roma.

Las ciudades del Exarcado Romano también tuvieron su importancia. Rávena, que fue capital del exarcado hasta mediados del siglo VI cuenta con aportaciones como la iglesia de San Vital, el Mausoleo de Gala Placidia, o las basílicas de San Apolinar Nuevo y San Apolinar in Clase. Constantinopla tenía la capitalidad compartida con otras ciudades del Imperio Romano hasta llegar al 476, final del Imperio Occidental.

La capitalidad de Rávena se producía a la vez que Roma, Milán y otras antiguas sedes de la capitalidad inician una decadencia imparable y favorecida por los saqueos de los pueblos invasores.

Rávena se había convertido en un lugar privilegiado. Tras los pocos años de inestabilidad que supuso la muerte de Teodorico, en el 540, entran los ejércitos bizantinos y gracias a esto, y a la acción del obispo Maximiniano, hombre de confianza del emperador, en ella se obrarán las más hermosas muestras de arquitectura.

Con Teodorico se había empezado San Vital, iglesia que variaba todos los esquemas anteriores.



Fig.3. Mausoleo de Teodorico Rávena 526. (Krautheimer).Cubierto por una cúpula monolítica de 9.00 metros de diámetro con una apertura de 54º sobre la línea de imposta.

Posteriormente entramos en la época de Justiniano, y en la tercera década del siglo VI y hasta no alcanzar las dos últimas se asistirá en sus dominios al mayor esplendor de las artes. De nuevo se unieron los dos imperios y se conquistaron las orillas del Mediterráneo. La arquitectura religiosa fue la que puso el punto más alto con el empleo de nuevas técnicas.

Justiniano mandó levantar, de nuevo, Santa Sofía, donde lo fundamental era el milagro de sostener una cúpula enorme y calada de ventanas sin que se evidenciara por el interior los contrafuertes necesarios.

A la vez se levantan San Poliuto (San Polyeucto) (3) (sólo conocemos lo que ha llegado por excavaciones y reutilizaciones), la iglesia de los Santos Sergio y Baco, que se conserva bien y fue mandado construir por la emperatriz Teodora (527-536). También en este momento tenemos a la iglesia de Santa Irene, que fue comenzada en el 532 y tuvo que ser restaurada 30 años después.

Hay que decir que la original Santa Irene se empezó a construir en los tiempos de la Primera Santa Sofía y que corrió su misma suerte en la revolución de Nika.

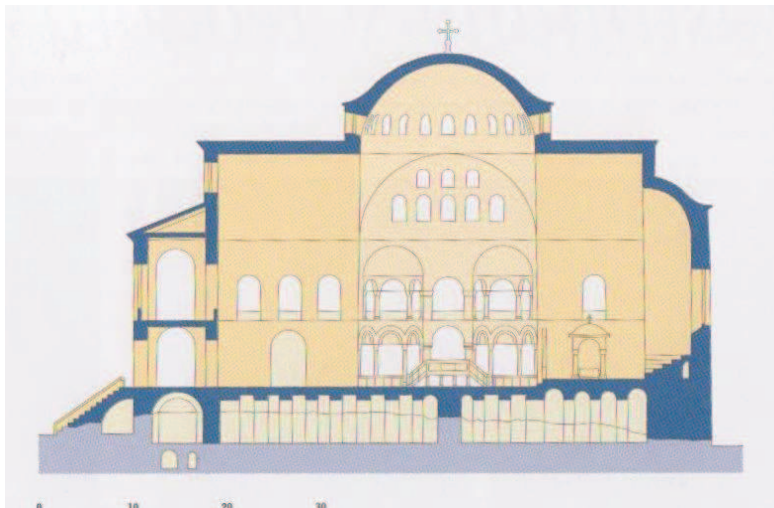


Fig. 4. Iglesia de San Poliuto (descubierta en unas excavaciones en 1960 se cree que es de época de Constantino).

Basílica de tres naves rematada en el tercio medio por una cúpula. Esto nos sitúa a medio camino entre la planta axial y la centralizada. El sistema de apoyo de la cúpula engendra muros tímpano horadados por ventanas que se apoyan a cada lado por dos exedras, Similar a Santa Sofía. En libro de la nota 3 (Stephane Yerasimos) hace referencia a ello.

5.2. Introducción a la arquitectura bizantina

Cuando se dice Imperio Bizantino se utiliza un convenio establecido por la historiografía moderna. En realidad jamás existió un Estado que se llamase

(3). Stephane Yerasimos. Constantinopla: La herencia histórica de Estambul. Ullmann & Könemann.p. 39 (Bibliog. nº 123). Stéphane Yerasimos (1942 -2005), nacido en una familia de la minoría griega de Estambul , Estudió arquitectura en su ciudad natal. Profesor de urbanismo (Instituto Francés de Urbanismo , Universidad de París VIII) y geopolítica en el Instituto Francés de Geopolítica de la Universidad de París. También fue director (1994-99) del Instituto Francés de Estudios de Anatolia en Estambul. Era un especialista en los Balcanes, Turquía, del Cáucaso y Rusia

Richard Krautheimer. Arquitectura paleocristiana y bizantina. Manuales Arte Cátedra. (Bibliog. nº 66).

Imperio Bizantino; existió el Imperio Romano, sí, centrado en Constantinopla, la nueva Roma. Los habitantes de este Imperio se tenían por romanos o simplemente por cristianos, y los más cultos de entre ellos pensaban que su imperio había sido instituido por Augusto. (4)

Los monumentos erigidos en el Imperio Bizantino entre 324 y 1453 ¿tienen rasgos comunes que permitan identificarlos como bizantinos y distinguirlos de las otras culturas y civilizaciones, tales como el romano, el románico, el gótico y el Islámico?

Es difícil dar una respuesta categórica. Se puede sentir la inclinación a decir que después del siglo VII, y seguramente después del IX la arquitectura bizantina adquiere una fisionomía propia que conserva hasta el final, en tanto que durante el periodo precedente (siglos IV a VI) todavía se trata de una arquitectura antigua, si bien en proceso de transformación.

Existe, por tanto, razón suficiente para trazar una línea en el siglo VII y aplicar el término Paleocristiana (o Tardorromana) a la arquitectura que antecede a tal línea y Bizantina a la que se produce después; tanto más por cuanto tal línea correspondería a una división muy real, por no decir a un verdadero momento crucial en la historia del Imperio.

Se puede afrontar el estudio del arte, en general, y de la Arquitectura en particular por dos métodos. El primero, el método tipológico, es propio del historiador del arte, cuya principal preocupación es la forma y el otro es el método funcional, este es el criterio de los arqueólogos. El método funcional es vivificamente concreto allí donde el tipológico es abstracto, es por ello que éste es el que se intenta aplicar en el presente estudio. El abordarlo desde el punto de vista funcional busca en sus cómo y en sus porqués; sistemas estructurales, de equilibrio y constructivo.

5.2.1. Evolución

En la época bizantina las técnicas constructivas regionales se mantuvieron inmutables durante siglos; tal estabilidad se explica fácilmente por que, en primer lugar, las técnicas dependían de la disponibilidad local de los materiales de construcción (hecho este similar a lo expuesto en apartados anteriores respecto a la arquitectura romana), y en segundo lugar porque ciertas tradiciones de ejecución se establecieron muchas veces a pesar de convulsiones tales como las invasiones extranjeras.

En cualquier caso se hace necesaria una comprensión general de tales técnicas, puesto que determinaban en muy apreciable extensión lo que podía y lo que no podía hacerse arquitectónicamente dadas, por supuesto, las posibilidades técnicas de la obra.

(4) Antonio García y Bellido. Arte Romano. CSIC. Textos Universitarios. (Bibliog. nº 123).

Antonio García y Bellido (Ciudad Real, 10 de febrero de 1903 - Madrid, 26 de septiembre de 1972), fue un arqueólogo español e historiador del arte, así como miembro de la Real Academia de la Historia. Realizó investigaciones en algunos de los más importantes yacimientos de la Península Ibérica. Estudió Filosofía y Letras en Madrid. En 1931 obtuvo la cátedra de Arqueología Clásica en la Universidad de Madrid. Fundó en 1940 la revista *Archivo Español de Arqueología*, pionera en España en la materia.

Se va a seguir, como ya se apreciaba desde las primeras líneas del presente capítulo, un hilo conductor, esto es; ¿qué materiales y posibilidades técnicas había en la época que posibilitaban el levantamiento de sus edificios? Este aspecto es crucial y dará muchas de las claves que se buscan desde el principio.

A muy grandes rasgos la arquitectura bizantina puede clasificarse en dos categorías.

La primera es la mampostería de sillares característica de Siria-Palestina (ya se ha resaltado en más de una vez la importancia de la ciudad de Gerasa), gran parte de Asia Menor, así como de las regiones fronterizas de Georgia y Armenia; la segunda, de ladrillo y morrillo, típica de Constantinopla, la costa occidental de Asia Menor, los Balcanes e Italia, que representan, por tanto, la tradición central de la arquitectura bizantina.

5.2.2. Materiales.

No se va a hacer aquí una distinción en los apartados de argamasa y ladrillo como se podría hacer con la arquitectura romana ya que no parece tan importante como el caso de aquellos, así que se tratará de forma conjunta.

En cierto sentido, el ladrillo constituía el elemento básico de la construcción. A más de unir los muros entre sí, determinaba su grosor y servía, por tanto de módulo. En Constantinopla se hacían ladrillos cuadrados, de unos 35 o 38 cms. de lado y 4 a 6 de grosor; algo más grandes que el ladrillo romano normal (recordamos que un pie romano era algo menos de 30 cms.). Un muro de dos ladrillos de grosor mediría así (dando espacio a la junta de argamasa) de 75 a 80 cms.

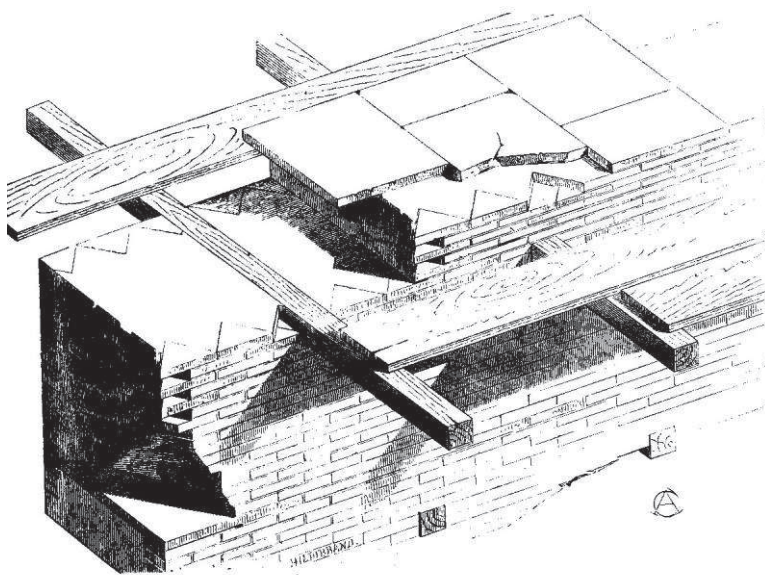


Fig. 5. Constitución de muro romano (Choisy).

Los arcos bóvedas y cúpulas se construían exclusivamente con ladrillo que, ocasionalmente en los arcos de gran luz era de doble tamaño, como la *bipeda* romana.

Durante ciertos periodos se construyeron edificios enteros con ladrillo, o en los que este predominaba. Limitándonos a Constantinopla, podemos citar la basílica, en ruina, de Santa María Calcopratela (año 450), toda en ladrillo. (Se puede afirmar en base a ensayos que la resistencia de dicha fábrica llegaría hasta los 10 N/mm²).

En el periodo de Justiniano se da un tipo de Mampostería característico; la parte inferior de los muros, aproximadamente hasta el arranque de los arcos del primer piso, está construida con piedra, desde ese punto hacia arriba es de ladrillo. Esta clara la mayor resistencia a compresión de la piedra (del orden de 5 veces más) que la de sus fábricas de ladrillo, evitando además la perniciosa entrada de humedades.

En cuanto al sistema normal, mixto de morillo y ladrillo, persistió durante todo el imperio bizantino, al menos hasta el siglo XIV, en que apareció la construcción con solamente morrillo y mortero porque no había ladrillo disponible.

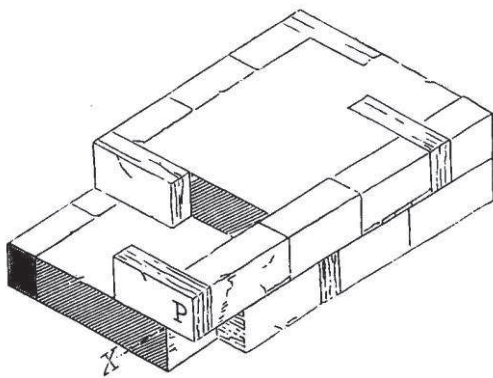


Fig. 6. Aparejo bizantino (Choisy).

Los métodos que se han descrito procedían directamente, como es natural, de los empleados en el Asia menor occidental y en los Balcanes en los siglos I y II. Superficialmente la construcción bizantina se parece a la construcción romana del periodo imperial de Italia, pero existe una diferencia fundamental entre ambas: la construcción romana italiana está fundamentada en un núcleo de argamasa que gracias a las propiedades especiales de la *puzzolana* resulta homogéneo y una vez fraguado monolítico; los paramentos son delgados y pueden quitarse sin causar daño a la estructura.

En la construcción bizantina el núcleo de ripio no forma una masa homogénea y se mantiene unido por los paramentos; sin ellos tiende a desintegrarse. Ello explica las hiladas de contención en ladrillo y el relativo espesor de tales hiladas. Por decirlo de otro modo, los arquitectos bizantinos heredaron un repertorio de formas romanas pero carecían de medios técnicos para traducirlas en la práctica.

El mortero bizantino era de cal y arena y contenía un agregado de material inerte, ladrillo fragmentado, o bien, ocasionalmente, guijarro. Se empleaba con gran abundancia. Mientras que en los edificios romanos del periodo imperial las juntas de argamasa son más delgadas que los ladrillos, en los edificios bizantinos es cierto lo contrario. El empleo excesivo de mortero tuvo un resultado inevitable: los edificios tendían a hacer asiento y deformarse cuando el mortero secaba, y este proceso debió empezar ya durante la construcción. En grandes edificios esto es especialmente grave como puede observarse en el caso de Santa Sofía; pero casi todos los edificios bizantinos muestran irregularidades y deformaciones causadas por la gran cantidad de mortero que contienen.

En la arquitectura bizantina se pueden encontrar básicamente dos tipologías de edificios religiosos. Por un lado la planta basilical de tradición romana y característica del paleocristiano o protobizantino. Por otro la tipología de planta central cupulada, bien sobre pechinas, bien sobre trompas.

El conocimiento de la arquitectura bizantina es todavía muy fragmentario y desigual.

Constantinopla tenía en el curso de la Edad Media por encima de 500 iglesias y monasterios, de ellos han sobrevivido unas 30 en mayor o menor estado de ruina. (5).

Las técnicas constructivas se mantuvieron inmutables durante siglos. Se aprovechaba la disponibilidad local de materiales de construcción así como las tradiciones constructivas. En la construcción bizantina se usaba la mampostería junto con el ladrillo y el morrillo. Las fábricas eran de piedra hasta cierta altura y a partir de ahí de ladrillo. Arcos, bóvedas y cúpulas se ejecutaban exclusivamente con ladrillo.

Los arquitectos bizantinos heredaron un repertorio de formas romanas pero carecían de los medios técnicos para traducirlos en la práctica. Se puede considerar entonces que los monumentos de la época bizantina son sustancialmente la obra de constructores.

La cúpula que, usualmente, constituye el elemento cimero de las iglesias bizantinas, así como de otros tipos de edificios, se construía con los mismos principios generales que la bóveda esférica, es decir, apoyada en pechinas. En las ciudades se utilizaban despojos de otros edificios como canteras. Ello dio lugar a la promulgación de edictos imperiales que prohibían esta actividad.

(5) Cyril Mango. *Arquitectura bizantina*. Ed. AGUILAR/ Asuri. p.7. (Bibliog. nº 82).

(nacido el 14 de abril 1928 en Constantinopla) es un británico erudito en la historia , el arte y la arquitectura del Imperio bizantino.

Aparte del libro mencionado en esta cita tiene una extensa bibliografía sobre el tema, por lo que es fundamental la referencia a este autor si se habla de arquitectura bizantina. Se citará repetidas veces.

En las regiones griegas de Oriente todo es combinación, todo es cálculo. Cada fragmento tiene en la bóveda de la que forma parte determinadas su posición y su función. El único punto en contacto entre ambos planteamientos es la búsqueda de la supresión de cimbras y elementos auxiliares, así como instalaciones provisionales.

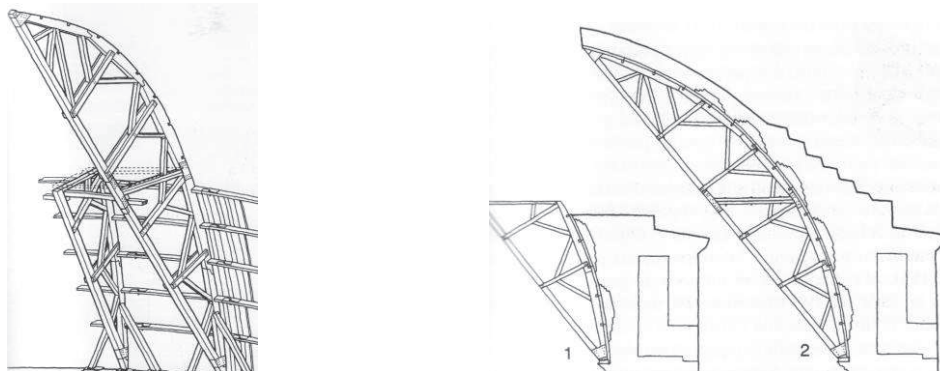


Fig. 9. Posible cimbrado autoportante de la cúpula del Panteón. (R. Taylor)

En Bizancio los arquitectos se plantean el problema de abovedar sin cimbras y gracias al empleo de la disposición de los materiales de forma ingeniosa llegan a lograrlo, elevando la mayor parte de sus bóvedas en el espacio, sin soporte ni apoyo de ningún tipo. Su sistema no es una variante de Occidente, es un sistema distinto, de origen asiático pero que en ningún caso procede de ninguna fuente romana.

La tipología otomana a partir de 1453 retomó las formas características del terreno conquistado, las asimiló y las supo entender e interpretar. ¿Acaso no venían los otomanos de las regiones que influyeron siglos antes en territorio bizantino?. El nuevo uso que se dio a la iglesia entre las iglesias, esto es, a Santa Sofía empezó a marcar el devenir del camino a recorrer por arquitectos otomanos desde Bursa hasta Constantinopla pasando por Edirne culminando con las obras del maestro Mimar Sinán y ya postreramente en un agónico final con la Mezquita Azul (mezquita del Sultán Ahmet) de Mehmet Aga en 1609-1617.

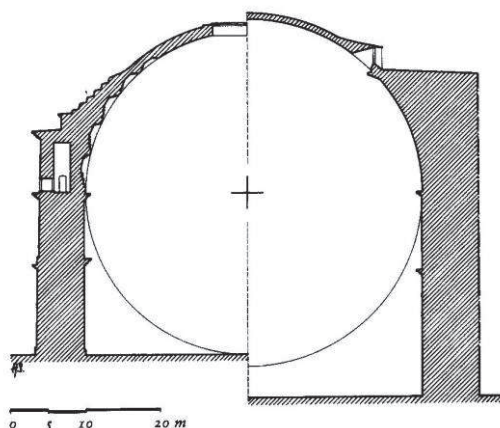


Fig. 10. Sección comparativa cúpula del Panteón-cúpula Santa Sofía. (Mainstone).

6. SANTA SOFÍA DE CONSTANTINOPLA

Este apartado se centrará en las vicisitudes históricas que alumbraron la obra cumbre del emperador Justiniano; la iglesia de Santa Sofía en la capital del Imperio Bizantino. Se hará un recorrido descriptivo, primeramente, para ir adentrándose en las técnicas que hicieron posible su levantamiento; detallando esquemas formales, estructurales, de cargas y constructivos y relacionando todo ello con sus auténticas raíces y precedentes arquitectónicos.

A los contemporáneos de Justiniano Santa Sofía debió parecerles una locura; para las generaciones posteriores se convirtió en una leyenda y un símbolo.

La “primera” Santa Sofía (gran Iglesia, Megalê Ekklêsia) fue construida bajo el mandato de Constancio II sucesor de Constantino. Era una basílica con techumbre de madera que se consagró en el año 360 y se incendió en el 404. La “segunda” Santa Sofía, reconstruida tras el incendio, fue consagrada en el 415 y al igual que la anterior sucumbió pasto de las llamas en el 532 en la insurrección de Nika. Por último la Santa Sofía del emperador Justiniano se consagró en el 537, solo cinco años después de su inicio sobre las cenizas de su predecesora. Esta gran catedral del Imperio fue sufriendo transformaciones, reconstrucciones, consolidaciones y añadidos hasta la misma época de la conquista de la ciudad por las huestes otomanas capitaneadas por Mehmet II “El Conquistador” la madrugada del martes 29 de mayo de 1453. Este quedó tan admirado por la catedral que fue tomada como referencia para la posterior producción arquitectónica del Imperio de la Sublime Puerta.

Describe Procopio de Cesarea, (1) cronista del emperador Justiniano, la iglesia consagrada en el 537 de la siguiente manera:

“...Por consiguiente, la iglesia se ha convertido en un espectáculo lleno de belleza, sobrenatural para los que la contemplan e increíble del todo para los que la conocen de oídas. Porque se alza sobremanera hacia las celestes alturas, y como si estuviera fondeada entre las demás edificaciones, se balancea y se sitúa por encima del resto de la ciudad, embelleciéndola, porque es una parte de ella y, por otra parte, ufanándose de ello, porque perteneciendo a la ciudad y superándola surge de tal modo que, desde ella se divisa la ciudad como si de una atalaya se tratara.”

(1). Los Edificios. Estudios orientales, vol. 7. Miguel Períago Lorente. Univ. Murcia. 2005. Los Edificios fue escrito en 545 y publicado sobre el 560. El libro fue encargado por el mismo Justiniano. Procopio de Cesarea (Cesarea.500 - Constantinopla 562) fue cronista del general Belisario y escribió, también, Historia de las Guerras y la Historia Secreta. Procopio no conoció personalmente a Justiniano hasta, al menos 550. La presente traducción es la única hecha directamente al español del original en griego. (Bibliog. nº 29).

De Aedificiis. Libro I, parte I. Del original escrito en griego, traducido al latín y de este al español. Biblioteca clásica Loeb. 1940.(Bibliog. nº 28).



Fig. 1. Fotografía actual de Santa Sofía.

El diseño de Santa Sofía no tenía precedentes próximos. Está construido por elementos corrientes de la época, pero estos elementos, en cuanto sabemos, jamás habían sido conjuntados en combinación semejante; como tampoco fue imitada Santa Sofía en los siglos siguientes, es decir no hasta que aparecen las mezquitas otomanas del siglo XVI. Los cuatro minaretes los añadieron sucesivamente Mehmet II, Bayaceto II y Selim II en los siglos XV y XVI.

El cuerpo de esta presente tesis radica en saltar el vacío de estos 1.000 años y tratar de concluir como y por qué después de este tiempo, el modelo es retomado como nuevo punto de partida; esto es buscar la persistencia de Santa Sofía en las mezquitas otomanas.

El largo camino recorrido desde la basílica paleocristiana hasta Santa Sofía no está del todo claro, pero existen numerosas hipótesis al respecto. Ello se debe a que no se trata de una evolución lineal, y menos aún planificada, sino de la superposición de diversas influencias. Empezando por las basílicas romanas y terminando por los templos paganos romanos y los martirios como se verá más adelante⁽²⁾. El mayor problema de Santa Sofía está en sus dimensiones. Los arquitectos bizantinos tenían gran experiencia en la construcción de cúpulas, pero una cúpula de 31 metros de diámetro (unos 100 pies bizantinos) y, aún más, una cúpula de este tamaño que no apoya sobre muros sólidos sino que está “suspendida en el aire” es algo que nunca se había hecho antes. Este hecho marca una clara diferencia con las cúpulas occidentales.

(2). Stephane Yerasimos. Constantinopla: La herencia histórica de Estambul. Ullmann & Könemann.p. 38. Este libro es básico como texto de consulta por su cuidada cronología y su profusión de dibujos y esquemas. (Datos apuntados sobre este autor en capítulos precedentes). (Bibliog. nº 123).

Ese prodigio fue llevado a cabo no por arquitectos en sentido estricto, sino por un matemático y un geómetra y astrónomo; Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto, ambos de origen griego. (3). Es adecuado decir que Santa Sofía se trató más de una obra de constructores que de arquitectos. El conocimiento y el valor de la construcción y la ingeniería lo hicieron posible.

También es justo decir que ningún arquitecto de la época podía haber calculado, ni aún aproximadamente, los empujes generados por una cúpula de este tamaño construida en ladrillo.

Antemio e Isidoro vieron la importancia que tenía la precisión; el plano de cimentaciones fue llevado a cabo con toda exactitud, y todos los elementos de apoyo, es decir, los pilares fueron construidos con piedra. Aún cuando era caliza local bastante blanda no quedaba sujeta a la contracción y elasticidad de ladrillo con mortero.

La estructura exterior cuya función estática era bastante secundaria se hizo delgada (80 centímetros de espesor), pero aún en ella se utilizaron grandes bloques de piedra hasta una altura de unos 7 metros. Las dificultades empezaron cuando la estructura se elevó hasta el arranque de los arcos principales.

Queda claro que el edificio empezó a deformarse mientras se construía. (4).

(3). Antemio de Tralles nació, según se cree, alrededor del año 474 en Tralles, en la actual Turquía. Procedía de una familia culta: su padre era médico, junto con dos de sus hermanos; otro era abogado y a un cuarto se le describía como un hombre de letras. Fue profesor de geometría y “arquitecto”. Su talento parece que abarcaba también la ingeniería, ya que se dice que le fue encargado reparar las defensas contra las inundaciones en Dara, una fortificación bizantina en Siria.

Isidoro de Mileto probablemente nació en la ciudad de Mileto, ubicada en la región de Jonia, la que fuera sede de una escuela filosófica y literaria que dio nombres tan brillantes como Anaximenes, Arctino, Ebulides y el célebre Tales (quienes adoptaron el gentilicio de Mileto como apellido), auténtico centro neurálgico de la cultura helenística del siglo VI.

Antemio escogió como colaborador directo a Isidoro para concebir, dar forma definitiva a Santa Sofía y comenzar su construcción.

Con el mismo nombre de Isidoro se conoce al sobrino del anterior, quien se encargó de la reconstrucción del edificio después del terremoto de ocurrido en la zona en el 557.

(4). Procopio de Cesarea. De Aedificiis. Libro I, parte I. Del original escrito en griego. Biblioteca clásica Loeb. 1940. Como se ha mencionado anteriormente la traducción de la Universidad de Murcia (2005) es sumamente precisa y está articulada en base a abundantes notas y referencias. (Bibliog. nº 29)
José M. Egea. RELATO DE CÓMO SE CONTRUYÓ SANTA SOFÍA según la descripción de varios códices y autores. Centro de estudios Bizantinos, Neogriegos y Chipriotas. GRANADA 2003. (Bibliog. nº 33).

Cuando se llegó a la cúpula el espacio a cubrir se había extendido más de lo que se había estimado. No obstante la cúpula quedó terminada, aunque no duró más de 20 años. Resquebrajada por una serie de terremotos que sacudieron la capital entre el 553 y el 557 se hundió definitivamente en el año 558. En cualquier caso parece ser que el hundimiento se produjo no por falta de soportes laterales sino por fallo de los cimientos debido a que la roca sobre la que se alzaban los pilares era de periodo Devónico y sufrió flujo plástico. (5).

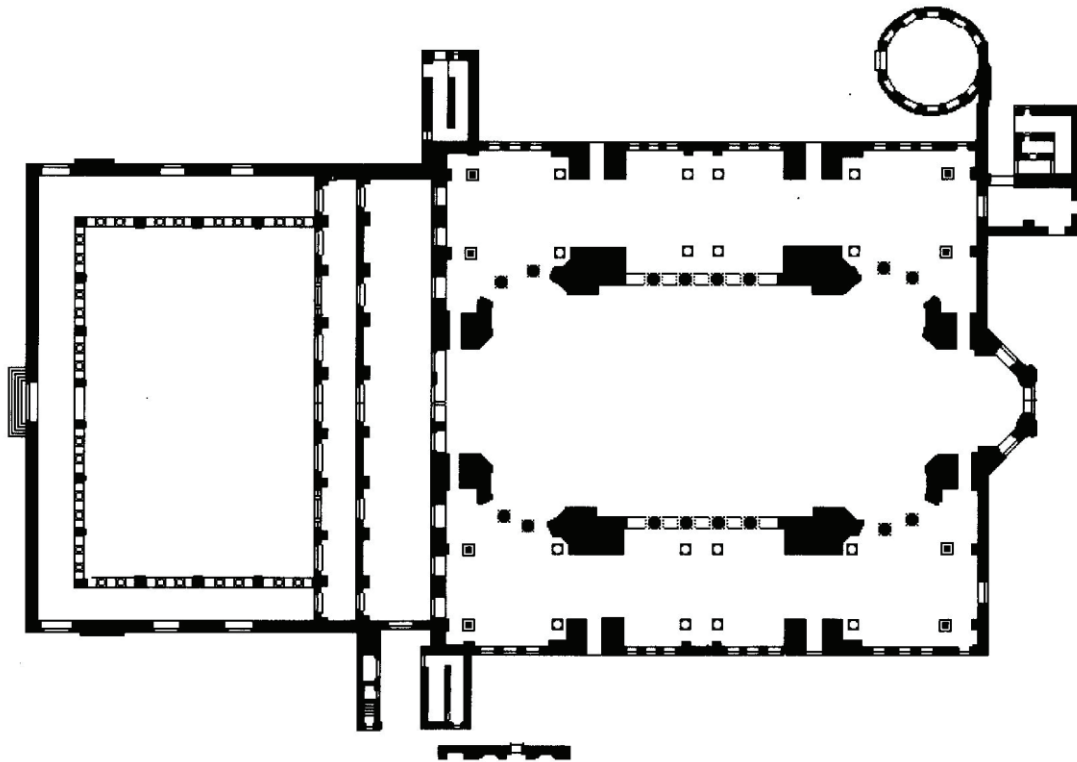


Fig. 2. Planta de Santa Sofía. Planta original de Antemio e Isidoro, con el Baptisterio y el atrio de entrada precediendo al nártex y al exonártex. En esta planta se aprecia la pureza original de la iglesia de Justiniano. (Egea).

La cúpula original, según fuentes históricas era cerca de 7 metros más baja, y elíptica; 2 metros más ancha de norte a sur que de este a oeste, esto es, más ancha en la dirección de los arcos torales.

(5). Según trabajos del ingeniero L. Bistakos referidos a estudios sobre los pilares y las tensiones laterales de la cúpula. (Bibliog. nº 33).

José M. Egea. RELATO DE CÓMO SE CONTRUYÓ SANTA SOFÍA según la descripción de varios códigos y autores. Centro de estudios Bizantinos, Neogriegos y Chipriotas. GRANADA 2003. p.74. (Bibliog. nº 33). El Centro de Estudios Bizantinos, Neogriegos y Chipriotas (C.E.B.N.Ch.) de Granada fue fundado por el Estado Griego, a través de la Embajada de Grecia en España, en junio de 1998. Su objetivo es apoyar y promover los estudios bizantinos y neogriegos en el mundo hispanohablante.

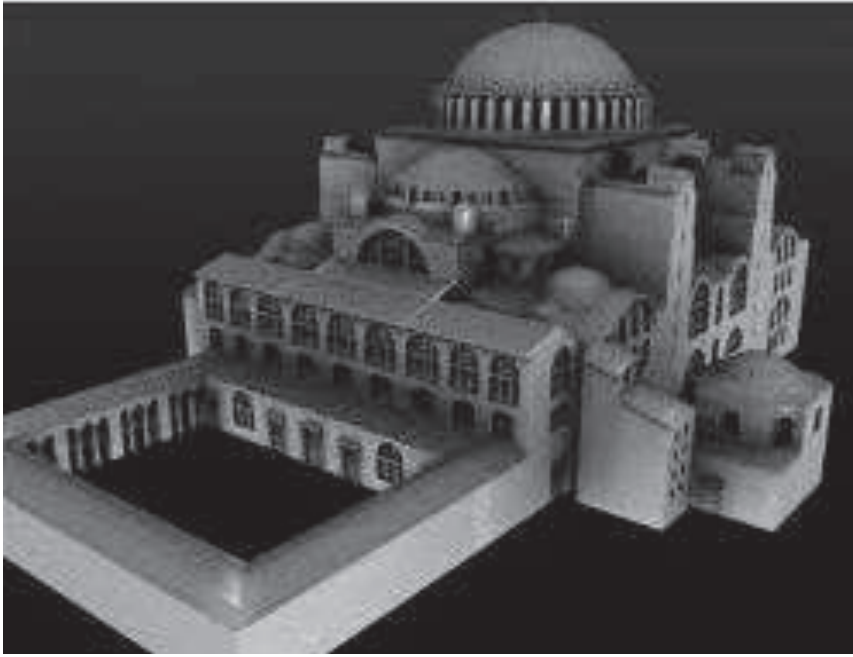


Fig. 3. Maqueta de Santa Sofía tras la reconstrucción de Isidoro el Joven en el año 558.

La misteriosa penumbra que hoy reina en Santa Sofía, solo interrumpida en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde por oblicuos rayos de sol, se debe a que las ventanas fueron tapiadas progresivamente y a que se han perdido muchos mosaicos. Los tímpanos también se han reconstruido y se han eliminado ventanas.



Fig.4 . Grabado del interior de Santa Sofía. Siglo XVIII.

Grabado del exterior, época de Isidoro el Joven, sin las transformaciones otomanas.

Tras el hundimiento del año 558 los arcos meridional y septentrional fueron ensanchados progresivamente por el intradós desde las impostas hasta la clave y se construyó una cúpula más alta; esencialmente la que hoy se conserva. Partes de ella cayeron y fueron reparadas en siglos sucesivos (trece de los cuarenta nervios en el 989 y otros trece en 1346), pero el diseño de Isidoro El Joven no fue alterado sensiblemente.

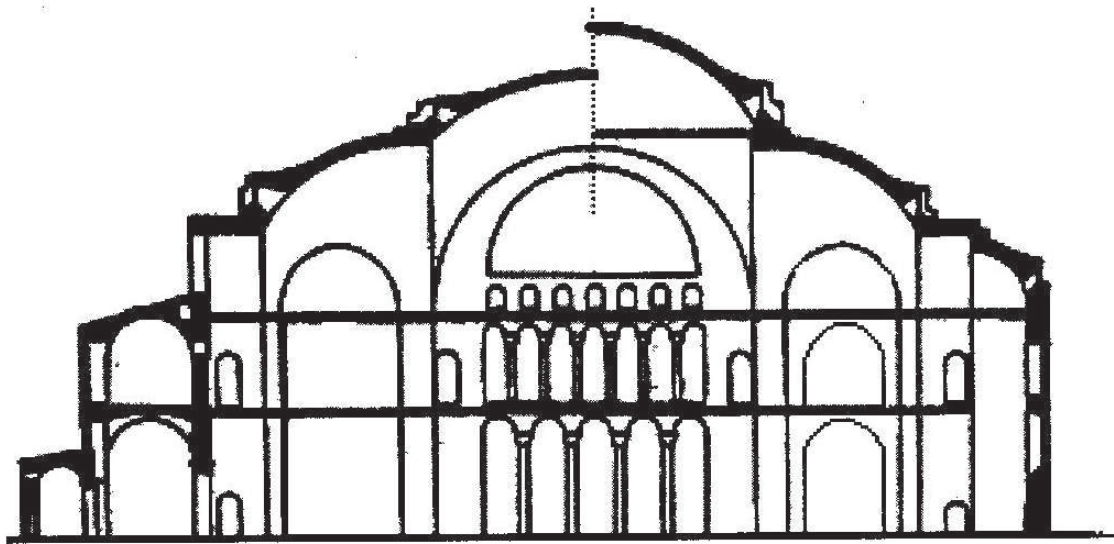


Fig.5. Sección comparativa de las cúpulas. (Egea)

Si consideramos las vicisitudes sufridas por Santa Sofía en el curso de los casi quince siglos de su existencia, su estado de conservación es poco menos que milagroso. El respeto que los turcos han demostrado hacia este templo y las periódicas reparaciones (la última llevada a cabo entre 1847 y 1849 por los arquitectos suizos Gaspar y José Fossati) han contribuido a ese feliz resultado.

Hoy resulta difícil obtener una buena vista de su conjunto; los pesados contrafuertes que apoyan en el edificio por todos lados, los mausoleos de los sultanes, los cuatro minaretes, por no hablar del lamentable enlucido de cemento y pintura amarilluzca (luego morada) con que se ha embadurnado el aparejo de ladrillo, distraen nuestra atención de las formas arquitectónicas. El exterior es muy pesado y siempre lo fue, ya que en el siglo VI la iglesia estaba rodeada por estructuras secundarias.

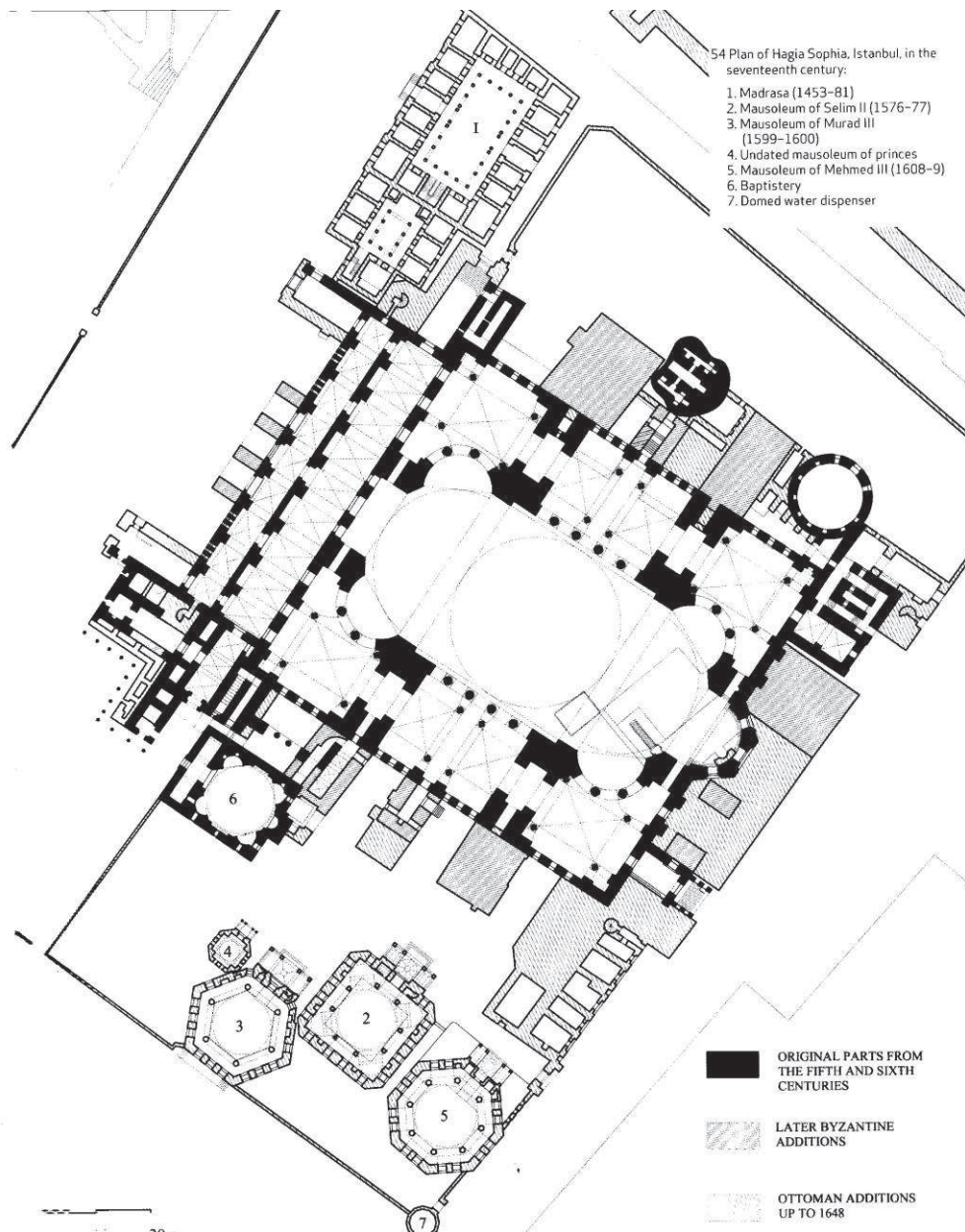


Fig. 6. Conjunto de Santa Sofía en el siglo XVII. (Turkish Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman times 1071-1923. Behcet Ünsal. Editorial Alec Tiranti/London/1970).

Hasta aquí se ha trazado una sinopsis del edificio sin entrar en datos constructivos o valores medibles, quizá más desde un punto de vista histórico, pero sin desentrañar aspectos técnicos. Esta será la tarea a partir de este punto.

Es evidente que cualquier obra o realización física del hombre no surge de la nada, siempre hay unos porqués y unos cómo, causas y procedimientos. Siempre hay unos precedentes, unos puntos de partida, unos puntos de inflexión; un camino lineal o no lineal que se recorre de manera más o menos consciente, más o menos clara, más o menos explícita. En el campo del arte en general y de la arquitectura en particular esto resulta más que evidente, es un camino de ida y vuelta de retrospección y de introspección, de volver al pasado, de retomar el tiempo, las formas, de adaptarlos a los constantes presentes...

La arquitectura es una disciplina que tiene que servir a múltiples aspectos. El uso, la función, la utilidad, la adecuación a la implantación física, y por supuesto a la belleza, al disfrute, a la contemplación. Esto es algo que ya se resumió en la tríada vitruviana: "Firmitas, Utilitas, Venustas". (6). La Arquitectura debe ser firme, útil y bella. Esta constante ha sido corroborada por los hombres durante siglos, en unos períodos de manera más fiel que en otros, pero es inconcebible abandonar esta "tríada" para la producción del hecho arquitectónico.

Se puede considerar además un añadido; la arquitectura en su uso representativo, la arquitectura como símbolo de poder, como ostentación, algo incluso al servicio de lo sobrenatural; de creencias y dioses. Pero no se debe olvidar un aspecto clave y fundamental; la evolución de la arquitectura ha ido siempre de la mano de la evolución de la técnica, si acaso esta ha posibilitado el recorrido de aquella.

La técnica es un medio que posibilita unos fines. Un edificio es un organismo. Un organismo en el que todas sus partes son dependientes, están relacionadas. Hay partes sustentantes y sostenidas, cerramientos y cubiertas, vanos y macizos, ornatos y elementos imprescindibles. Cada elemento debe cumplir la tarea encomendada para enriquecer el conjunto, la técnica posibilita la forma, la técnica se sirve de los materiales, la técnica posibilita la estructura y esta soporta la forma.

En el presente estudio la aportación de la técnica, los conceptos de estabilidad, estática, mecánica, fuerzas, empujes, situaciones de equilibrio, cuestiones de geometría y forma...son el hilo conductor.

De cómo de un edificio sublime, grandioso, único se llegó a otros edificios no menos sublimes, no menos grandiosos. Como determinados conceptos estructurares y constructivos sirvieron a estas realizaciones. Como un edificio engendró un tipo que se retomó tras un intervalo de diez siglos.

(6). Marco Vitruvio Polión. Los diez libros de Arquitectura. Traducidos de latín, año 1787, en Madrid en la Imprenta Real. Ediciones Akal SA. (Bibliog. nº 120). Este tratado sirvió, como el compendio de reglas que es, como base de realizaciones y fue retomado por Alberti en el Renacimiento para escribir su propio tratado. Pero posiblemente el de Vitruvio fue el primer tratado consistente en lo que a construcción se refiere. Este libro no se perdió en las "épocas oscuras" del Medioevo y siguió utilizándose secretamente en las logias.

En párrafos anteriores se ha hablado de Santa Sofía, se la ha relatado en su tiempo, se han descrito sus formas, se ha recreado someramente su construcción, pero ahora le toca el turno a un aspecto crucial; la técnica con la que fue ejecutada y los elementos constructivos que la posibilitaron.

Santa Sofía aunque no es un tipo único en su concepción si lo es en su elaboración, pero detrás tiene todo un lógico sustento, elementos que se fueron desarrollando, que evolucionaron, técnicas, materiales, usos, y maneras.

El aspecto relevante de este estudio podría comenzar en una cuestión: comprender una estructura, ¿qué es?, ¿qué tipos hay?, ¿cómo funcionan?...Todo esto se va a centrar en unas determinadas épocas y, por supuesto en unos edificios concretos.

Durante siglos los edificios se construían con un número de materiales limitado, generalmente los más inmediatos aportados por la naturaleza: madera, piedra, barro, etc. a los que el hombre aplicaba modificaciones y los adaptaba a sus necesidades. Otro aspecto fue también la disponibilidad de los mismos, hecho este que definió determinadas técnicas y modos constructivos, así como tipologías concretas.

La evolución constante en todos los órdenes ha posibilitado ya en nuestros días multiplicidad de nuevos materiales, sorpresivas combinaciones que amanecieron con la revolución industrial y a los que no se ve límite. Pero esto no es la cuestión del presente trabajo.

Como cita Antonio Mas-Guindal Lafarga en su libro sobre estructuras antiguas⁽⁷⁾, básicamente una estructura de fábrica es un agregado de materiales que solo trabajan a compresión, esto es, materiales pétreos. Los edificios que nos ocupan fueron contruidos pero no calculados.

En las fábricas no hay deformación elástica, no cabe ningún tipo de análisis que provenga de la relación tensión-deformación. El edificio antiguo posee gran estabilidad derivada del peso de sus materiales y de las bajas esbelteces de sus elementos. Hasta el siglo XIX el edificio antiguo no fue calculado pero si bien construido.

Todo el elemento resistente está en el material, este ha limitado tanto el tipo de estructura como el límite de tamaño, se puede decir que la escala cualifica y cuantifica el problema estructural, realmente existen estructuras porque hay gravedad.

(7). Antonio Más-Guindal Lafarga. MECÁNICA DE LA ESTRUCTURA ANTIGUAS ó cuando las estructuras no se calculaban. Ed Munilla-Lería. Madrid 2011. (Bibliog. nº 86).

En las estructuras antiguas la rigidez no era un problema ya que la sección es sobreabundante, en general, así como tampoco lo es la resistencia ya que el material trabaja a poca tensión en relación a su tensión de rotura.

Las estructuras de fábrica resultan muy sensibles a los cambios en la estabilidad, modificaciones de carga que puedan ocasionar modificaciones de forma, generalmente debido a agentes externos. Esto ha sido ya comentado en el proceso descriptivo de construcción de Santa Sofía, nos referimos a los terremotos y al comportamiento del sustrato sobre el que apoyaron sus cimientos. Evidentemente un edificio de fábrica tiene cierta capacidad de adaptarse a estos procesos. Para que una estructura colapse, o se desestabilice, tiene que poder ejecutar el grado de libertad que lo determine. Si no puede moverse por carácter del grado de libertad, difícilmente puede colapsar aunque haya manifestado múltiples roturas que lo anuncien. Una estructura se encuentra en pie gracias a su equilibrio, ya que hay que recordar que la fábrica es un material heterogéneo.

La estabilidad de una estructura de fábrica deberá estar garantizada por su forma y de manera muy secundaria por la resistencia del material con que ha sido ejecutada.

En los edificios de fábrica, el peso propio constituye el 80-90% de la carga total, hecho que va del lado de la seguridad de la estructura de fábrica, en la que el peso propio es ya garantía de estabilidad. (8).

Volviendo a la iglesia de Santa Sofía y tras esta escueta, pero necesaria disertación estructural, se va a desentrañar no su aspecto formal únicamente, sino su trasfondo mecánico, constructivo y estructural. Aquello que ha posibilitado su supervivencia en el tiempo y como este complejo edificio inspiró las mezquitas otomanas de Estambul, pero que sin embargo no fue superada por ellas aún mil años después.

Se ha dicho que aunque Santa Sofía es una aportación única a la historia de la arquitectura y del arte y por qué no, a la historia de la humanidad, fue la culminación del sumatorio de procesos precedentes.

(8). Antonio Más-Guindal Lafarga. MECÁNICA DE LA ESTRUCTURA ANTIGUAS ó cuando las estructuras no se calculaban. Ed Munilla-Lería. Madrid 2011. Pp17-59. (Bibliog. nº 86). Este libro es un interesante compendio de mecánica en el que el autor acomete de forma precisa los comportamientos de fábricas y estructuras de fábrica; básicamente bóvedas y cúpulas. Es una referencia obligada para entender la mecánica de las estructuras de fábrica y ha sido utilizado en varios puntos del desarrollo de la presente tesis.

El edificio cupulado ya era una realidad antes de Santa Sofía, incluso antes del Imperio Romano, pero la grandeza de la catedral bizantina radica en la capacidad de hacer suyos, retomar y transformar una serie de conceptos y de elementos nunca antes combinados de manera semejante, plasmándolos en formas pioneras y de una belleza incuestionable.

La esencia de Santa Sofía parte de la arquitectura romana de los tiempos del Imperio. La caída de la República permitió un largo y febril período de construcción, más concretamente a partir del siglo II, materiales, formas, maneras..., se abrió una época de experimentación técnica y constructiva sin precedentes. Cuatro siglos después Bizancio, ya constituido como Imperio único, toma sus propios caminos que culminan con un estilo claro e inconfundible, pero eso sí, con una herencia en el campo de la arquitectura marcada por las realizaciones de los emperadores del Imperio Romano Occidental.

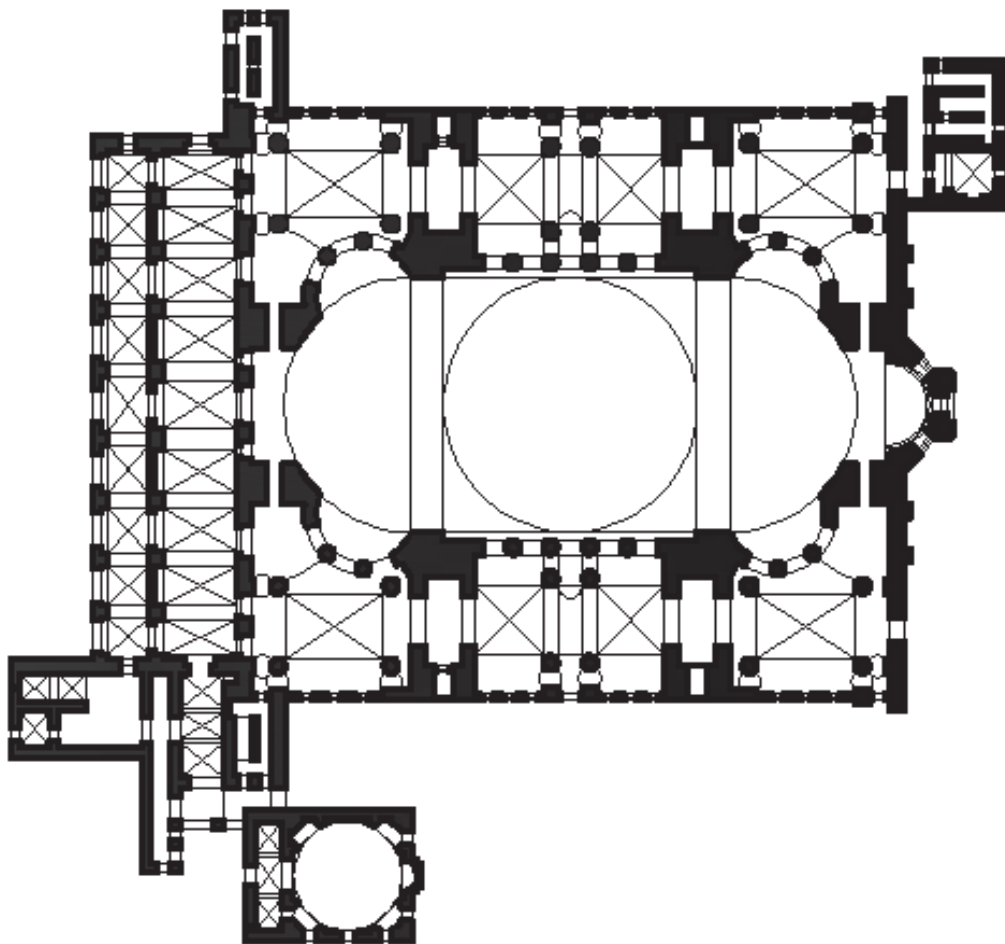


Fig.7. Planta de Santa Sofía, sin el patio pero con el nártex y el exonártex. (Dibujo del autor)

Cabe preguntarse: ¿Santa Sofía es un experimento oriental?, ¿es un experimento occidental? (9).

Podemos encontrar una analogía evidente entre la galería interior del Tabularium (Roma 78 a.c.) y el nártex de Santa Sofía, por ejemplo. También con elementos como las bóvedas del templo de Baiae, la Villa Adriana en Tívoli, los mercados de Trajano o las termas de Caracalla.

En cualquier caso sigue el camino de experimentación de la arquitectura del Imperio. Los arquitectos romanos exploraron las posibilidades de las plantas cuadradas y los volúmenes cúbicos que estos implican, así como referencias a las plantas de los foros romanos.

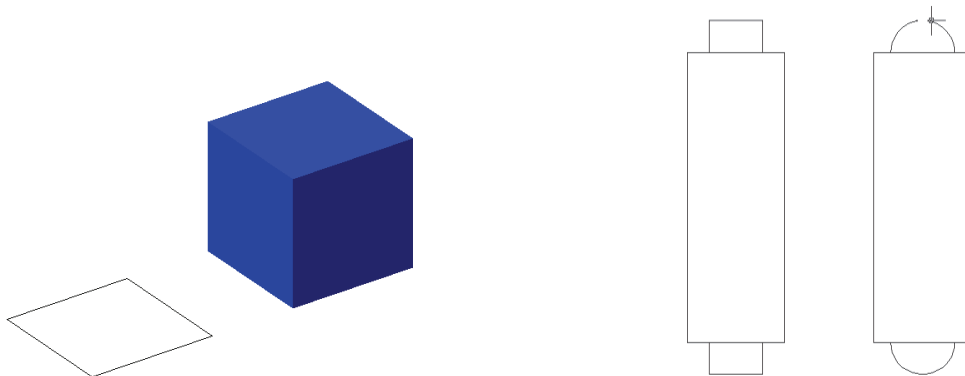


Fig.8. Relación cuadrado-cubo y esquemas de foros romanos. (Dibujo del autor)

Esta claridad euclídea ¿fue retomada por Antemio e Isidoro?, puede ser posible que tomaran como idea la planta basilical con dos ábsides, uno a cada lado del cuerpo central.

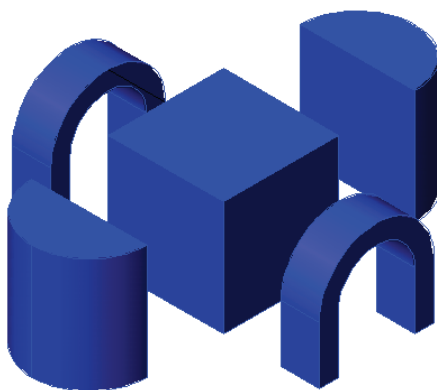


Fig.9. cubo-ábsides-arcos, (Construc. 3D del autor).

(9) Robert Mark and Ahmet S.Çacmak. Hagia Sophia. From the age of Justinian to the present. (Bibliog. nº 83). Interesante compendio sobre trabajos de varios autores referidos a mecánica de arcos, bóvedas y cúpulas.

Hay que considerar también como referente la iglesia de Santa Constanza (10). en Roma y consagrada en el año 350, básicamente un edificio de planta circular cupulado, soportada la cúpula por columnas pareadas y unidas estas por arcos de ladrillo de medio punto, constituyendo el perímetro exterior un cilindro también de ladrillo.

Santa Constanza respondía a la moda romana y fue retomada por Justiniano, aunque el cilindro murario se sustituyó por columnas.

La dependencia volumétrica como llave del diseño del Imperio fue elevado a un nuevo nivel por la arquitectura de Justiniano.

También hay que buscar antecedentes en la Villa Adriana en Tívoli, templo de Minerva Médica en Roma, el templo de Mercurio en Baiae, los baños de Diocleciano, y ya mucho más próximos en el tiempo San Vital de Rávena o la iglesia de los Santos Sergio y Baco en la capital bizantina.

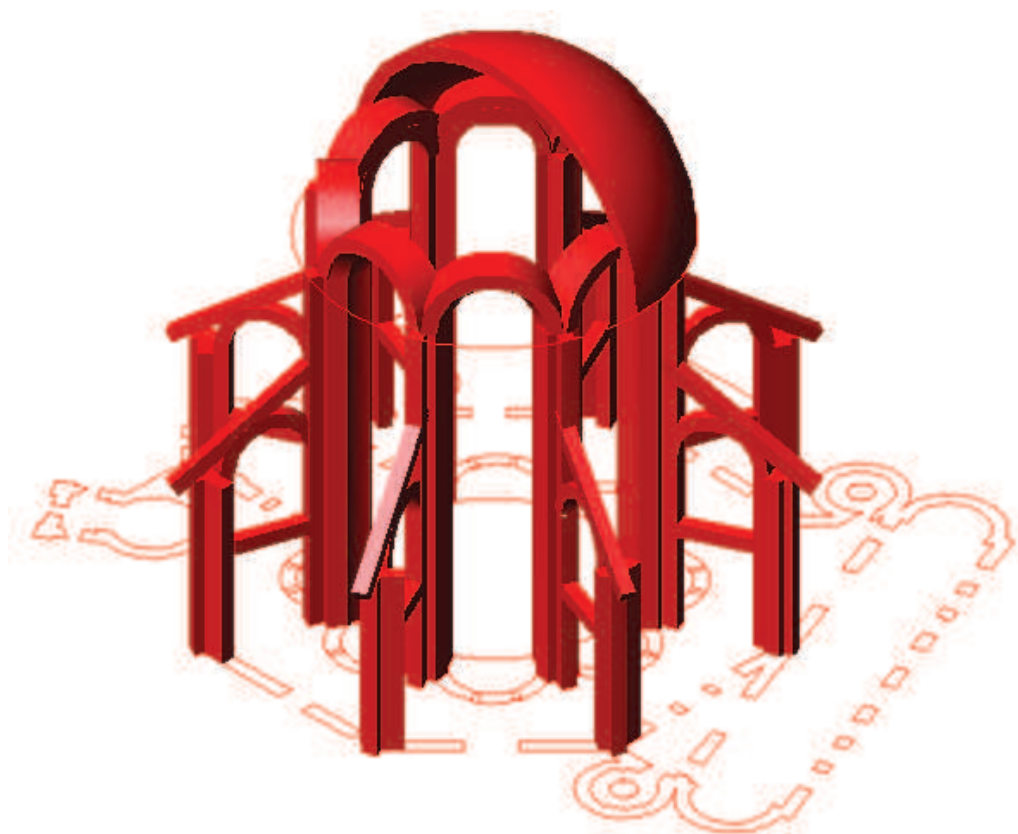


Fig.10. Esquema estructural de San Vital de Rávena. (Construcción 3D del autor)

(10). Richard Krauheimer. Arquitectura Paleocristiana y Bizantina. Manuales de Arte Cátedra. (1ª edición 1984). Pp 74-76. (Bibliog. nº 66). Este volumen forma parte de una serie dedicada a distintas épocas de la arquitectura mundial. Richard Krautheimer (Fürth (Frankfurt), Alemania , 6 de julio de 1897 - Roma , Italia , 1 de noviembre de 1994)

El proyecto arquitectónico de San Vital ¿fue elaborado al tiempo de la fundación, es decir, hacia 526, y en qué medida estaba adelantada la obra antes de la reconquista de 540? Todo lo que podemos decir es que los trabajos progresaron bajo los obispos Ursicinio (534-536) y Victor (538-545), cuyos monogramas aparecen en los bloques de imposta de los capiteles y que la iglesia fue consagrada por el obispo Maximiano en 547.

Su semejanza con la de los Santos Sergio y Baco es evidente, pero no deriva de esta; no solo por las considerables diferencias que las distinguen, sino también porque San Vital no es necesariamente de fecha posterior.

El diseño básico de San Vital es, pues, verdaderamente bizantino. Lo mismo puede decirse de la mayor parte de la obra en mármol; en particular, de las columnas con sus capiteles en cono truncado de diverso diseño y las basas escalonadas; algunos de estos elementos todavía llevan la marca de los albañiles griegos.

El aparejo de ladrillo de los muros también está realizado según las prácticas bizantinas: vemos allí, como en otros edificios de Rávena del siglo VI, ladrillos delgados separados por juntas de mortero bastante gruesas, en lugar de ladrillos cortos y gruesos como los que prevalecían en la Italia septentrional.

Sin embargo la ejecución de la obra fue confiada sin duda a artesanos locales como lo prueba, por ejemplo, la cúpula, que no está hecha de ladrillos, sino con tubos de tejería dispuestos en hileras horizontales. Estos tubos se estrechan en su extremo y se embuten unos en otros disponiéndose una espiral continua sobre el nacimiento de la cúpula hasta su remate. Gracias al mortero que los une los tubos de la misma espiral están enlazados unos con otros y soldados a los tubos de las espirales vecinas, constituyendo una cadena incapaz de alargarse. La bóveda resultante no produce ningún empuje y carga menos sobre sus apoyos.

El resultado es una cúpula de unos 16 metros de diámetro, aproximadamente la mitad que la de Santa Sofía, pero muy alejada de la del Panteón de 43.30 metros.

También podemos atribuir al arquitecto local el gran énfasis en la verticalidad, que constituye quizá la diferencia más notable entre San Vital y Santos Sergio y Baco, aun aceptando el hecho de que en esta última iglesia se elevó un tanto el nivel del pavimento.

En Constantinopla, la curvatura de la cúpula comienza desde la base de sus ventanas, inmediatamente encima de las claves de los ocho arcos, en tanto que en Rávena hay un tambor intermedio compuesto de dos zonas: primero, una serie de nichos poco profundos sobre los ángulos del octágono y, luego más altas que los nichos y entre ellos, ocho grandes ventanas: solo a partir de las claves de los arcos sobre las ventanas comienza a curvarse hacia el interior. El efecto visual resulta así bastante diferente. En San Vital la mirada se eleva mucho más arriba, a través de una zona de relativa penumbra, hasta la luz que penetra por las ventanas del tambor y sigue hasta la cúpula.

La cúpula se sostiene por ocho gruesos pilares triangulares situados en el vértice hacia el interior de octágono central para evitar toda pesantez. Las columnas de los dos pisos de arquerías son monolíticas.

Estas esbeltas columnas, los capiteles y cimacios, y un leve peralte en los arcos, logran una verticalidad aún potenciada por lo liviano de los muros, tan calados que se contraponen eficazmente al relativo achatamiento del exterior.

En suma sus autores lograron esa perfecta unión de curvas y rectas, vanos y macizos, cuerpos altos y bajos, que es el templo

En cualquier caso, San Vital constituye una excepción en la arquitectura de Rávena. El edificio contemporáneo, San Apolinar in Classe, consagrado por el obispo Maximiano en 549 es, de nuevo, una basílica normal del tipo italiano.

Por lo que respecta a la iglesia de los Santos Sergio y Baco se ha especulado mucho sobre su relación con san Vital y más aún con la misma Santa Sofía. Se ha llegado a decir que el diseño de Santa Sofía es el resultado de separar en dos mitades la planta de los Santos Sergio y Baco e insertar en medio la cúpula central. Tendría más sentido, quizá, la proposición inversa. Este templo fue mandado construir por la emperatriz Teodora (527-536). También en este momento tenemos a la iglesia de Santa Irene, que fue comenzada en el 532 y tuvo que ser restaurada 30 años después.

Hay que decir que la original Santa Irene se empezó a construir en los tiempos de la Primera Santa Sofía y que corrió su misma suerte en la revolución de Nika.

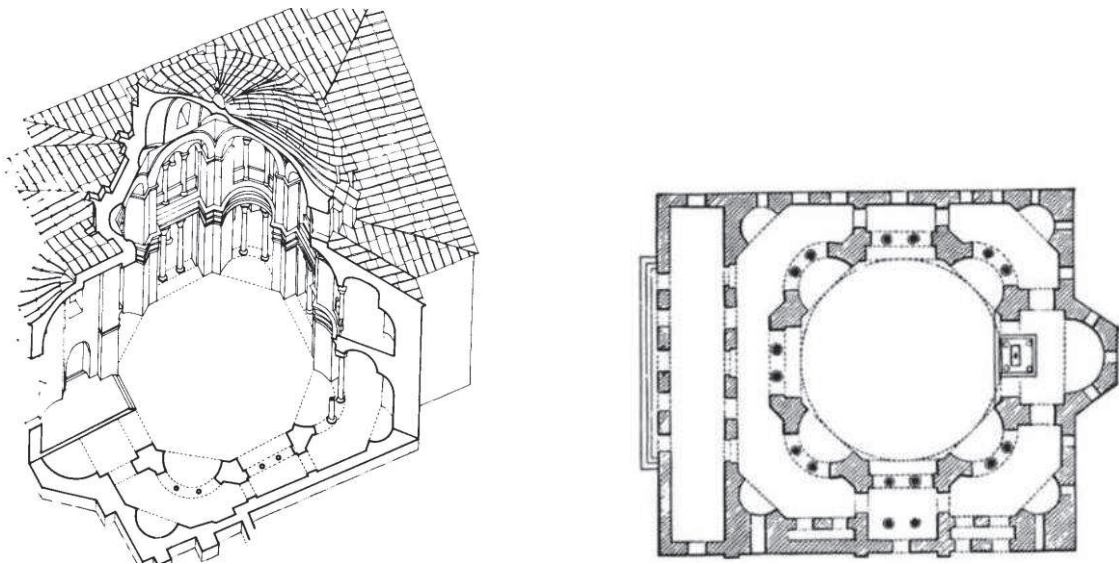


Fig.11. Planta y sección axonométrica de Santos Sergio y Baco. (Krautheimer)



Fig.12. Imagen de la iglesia de los Santos Sergio y Baco. Exterior (hacia el pórtico) y cúpula interior.

En la imagen de la iglesia de los Santos Sergio y Baco se aprecian las características fundamentales de la arquitectura bizantina del siglo VI, ya comentadas con anterioridad. Se ve claramente el aparejo de ladrillo típicamente bizantino así como el elemento octogonal que soporta la cúpula central. Como se ha dicho este edificio es prácticamente contemporáneo del de Santa Sofía. Sus líneas son puras pero, evidentemente su magnificencia está alejada de la Gran Iglesia, además esta imagen ya muestra los añadidos otomanos, cual es el alminar.



Fig.13. Imagen actual de la iglesia de Santa Irene.

Santa Irene también es un elemento fundamental para la comprensión de Santa Sofía, ya que al igual que la anterior es contemporánea de ella

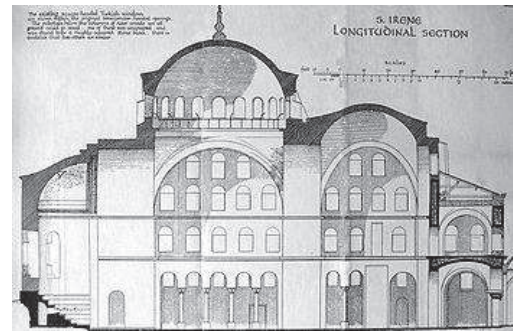
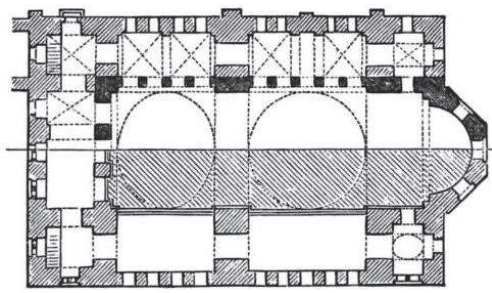


Fig.14. Planta y sección de Santa Irene.

Se puede apreciar cierta similitud entre la implantación de la cúpula central de Santa Irene y sus naves laterales con las de Santa Sofía aunque, evidentemente, a otra escala.

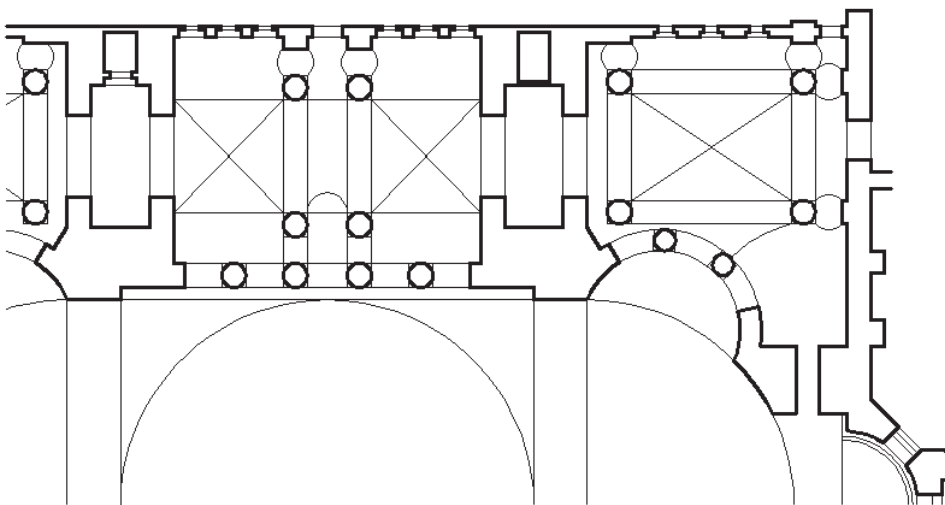
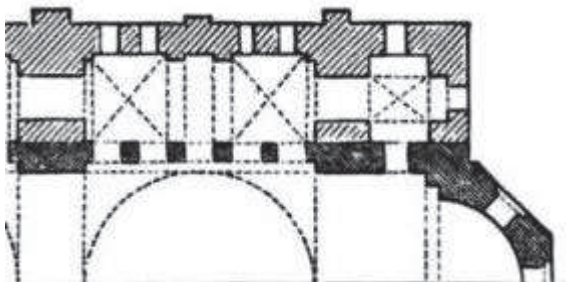


Fig.15. Comparativa espacio central Santa Irene y Santa Sofía (sobre el dibujo del autor).

Por otra parte se puede hacer la siguiente pregunta en cuanto al saber de la época: ¿cuál era el estado del conocimiento de la aplicación de las matemáticas en el siglo V?, ¿cuál era el conocimiento de Antemio de las matemáticas y su aplicación en la estructura de Santa Sofía? Evidentemente se puede afirmar que estaba más asentada la tradición constructiva.

En Santa Sofía la conexión romana está descrita en la fábrica del edificio, en los sellos de los ladrillos, en el eje procesional, en el ábside derivado de la basílicas, conexión excepto por que la Gran Iglesia es un monumento urbano capitolino, el vehículo del Emperador por su tamaño y localización.

Antemio e Isidoro repiten formas de varios repertorios fuertemente arraigadas en los experimentos romanos (como el uso de sólidos platónicos). Importante también es la combinación semicúpula-pechina-arco.

La construcción de Santa Sofía es vista generalmente como la consecución más importante de la arquitectura bizantina (11).

Antemio e Isidoro han pasado a la Historia como genios que sin mucha experiencia previa crearon esta obra maestra de la ingeniería y la arquitectura, pero esto puede ser refutado ya que descubrimientos arqueológicos sobre la iglesia de Polyeuctos, la segunda iglesia más grande de Constantinopla (524-527) han dado mucha información sobre diseño y desarrollo.(12).

La producción arquitectónica de Justiniano ha sido vista como un fervor de experimentación y creación, pero la iglesia de Santa Sofía no surge “de repente”. Surge de la acumulación de un proceso de diseño y de una experiencia técnica.

La arquitectura bizantina del siglo V se caracteriza por soluciones abovedadas, reducida escala de los edificios, muros de ladrillo, poco tiempo del proceso de construcción, cubiertas poco problemáticas y estructuras conservadoras.

Siguiendo la dicotomía tradición-innovación, se registra como tradición la presencia de bóvedas y la innovación de diseño deducida por los importantes y masivos cimientos. La presencia de muros corridos de cimentación da pistas de que se seguía una tradición constructiva de planta basilical, más que la presencia de nuevos componentes estructurales como puede ser una cúpula cuya presencia habría producido soluciones diferentes de cimentación.

Por contra se registra el Myrelaion (rotonda) de Estambul (13) que formaba parte

(11). R. J Mainstone. Hagia Sophia: Architecture, Structure and Liturgy of Justinian's Great Church. London 1988. (Bibliog. nº 80).

(12). Stephane Yerasimos. Constantinopla; La herencia histórica de Estambul. Pp. 39-42. (Bibliog. nº 123). Los cimientos de San Polieuto se descubrieron en 1960 a raíz de la excavación de un pasaje subterráneo al sur del acueducto de Valente. Se trataba de una basílica de tres naves, rematada en el tercio medio de su longitud por una cúpula. Según los intentos de reconstrucción esta se apoyaba sobre el espesor de los muros de la nave central, cuyos dos tercios restantes, hacia el ábside y hacia la entrada, estaban abovedados. Este sistema de apoyo engendra, exactamente igual que en el caso de Santa Sofía, muros tímpano horadados por ventanas que se apoyan a cada lado sobre dos exedras.

Ciryl Mango. Arquitectura Bizantina. Aguilar/Asuri. (Bibliog. nº 82).

(13). Robert Mark and Ahmet S.Çacmak. Hagia Sophia. From the age of Justinian to the present. Cambridge University Press. P.24 (Bibliog. nº 83).

de un complejo palaciego del siglo V y del que se puede afirmar que estaba basado en el Panteón de Roma.

En el siglo V la experimentación estructural convivía con la prudencia y las estructuras más conservadoras. La solución estructural de la primera cúpula de Santa Sofía es el producto final de una experimentación estructural. Soluciones estructurales que demuestran que en el siglo V conviven en Constantinopla la experimentación estructural y la prudencia estructural (14).

El estudio se adentra, ahora en una serie de principios estructurales básicos que posibilitaron la realización de los edificios bizantinos en general y, cómo no, de Santa Sofía en particular.

Los cuatro puntos de apoyo es uno de los principios estructurales cuya aplicación afectó a diferentes edificios bizantinos como cisternas, iglesias y curiosas soluciones de ingeniería. Se está hablando con ello del principio de cúpulas apoyadas en cuatro soportes.

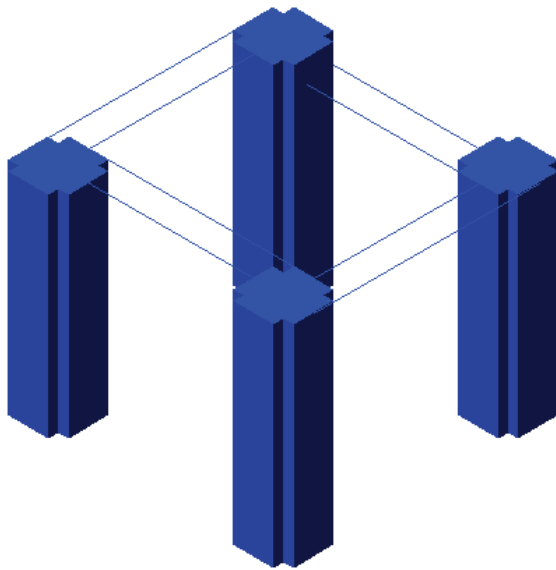


Fig.16. Esquema inicial. Cuatro soportes. (Construcción 3D del autor)

Las bóvedas y cúpulas (cáscaras) de poco espesor eran apoyadas en cuatro esquinas generalmente en soportes. Es este un sistema basado en los arcos

(14). Robert Mark and Ahmet S.Çacmak. Hagia Sophia. From the age of Justinian to the present. Cambridge University Press. Pp.26-37. (Bibliog. nº 83).

El profesor Ahmet S. Cakmak es especialista en Ingeniería Mecánica e Ingeniería Sísmica

conmemorativos romanos. San Juan Evangelista en Éfeso utilizó este sistema basado en los cuatro arcos sobre los cuatro soportes (15). También destacan en los siglos IV y V las iglesias de “cuatro conchas”. También está el ejemplo de la catedral de Aramea en Siria, construida después del año 400 que era cupulada con un cuadrado central constituido por cuatro potentes soportes de fábrica.

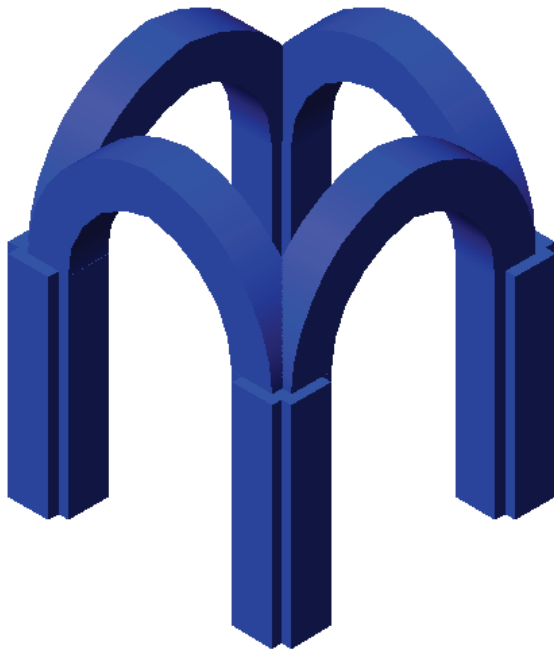


Fig.17. Esquema secundario. Cuatro soportes más cuatro arcos. (Construcción 3D del autor)

El siguiente principio sería la geometría de las pechinas. Los arquitectos bizantinos daban crédito a las pechinas, sino por su invención si por su proliferación.

La pechina se deriva de una semiesfera cortada por planos perpendiculares a su base cuadrada, resultando de este corte los triángulos curvilíneos conocidos como pechinas, cuya misión estructural es pasar de una base circular a una base cuadrada apoyada en cuatro soportes.

Se ha especulado mucho sobre si las pechinas son realmente un “invento genuinamente bizantino”. La afirmación categórica se antoja gratuita aunque si es la base de la arquitectura bizantina de edificios cupulados (ya se habían visto pechinas incipientes en edificios romanos).

La primera cúpula de Santa Sofía fue el primer intento de usar de forma monumental las pechinas

(15). Cyril Mango. Arquitectura Bizantina. Ed. Aguilar/Asuri. p. 87. (Op. ct). (Bibliog. nº 81).

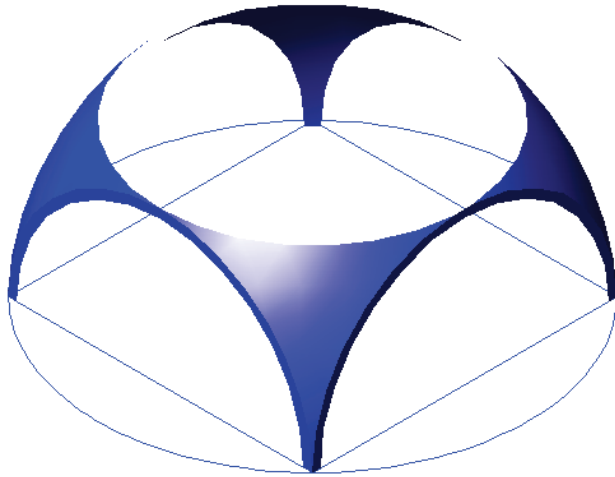


Fig.18. Pechinas. (Construcción 3D del autor)

Para completar el esquema se soporta la cúpula sobre las pechinas. Estructuralmente la transmisión del peso de la cúpula se hace mediante las pechinas a los cuatro puntos de apoyo, generalmente gruesos soportes de fábrica, recintados a su vez por otros cuatro arcos quedando una concepción estructural suficientemente eficaz.

La escala es un aspecto fundamental (ver Galileo “ley del cubo-cuadrado”). Es obvio que las tensiones crecen con el tamaño, cuanto mayor es la cúpula soportada mayores son los empujes que deben soportar tanto pechinas como soportes. Por eso Santa Sofía marca nuevos caminos; una cúpula con un espesor medio de 80 centímetros realizada con ladrillos y con un diámetro de 30 metros fue una autentica innovación estructural, sino un atrevimiento. Este atrevimiento lo fueron retomando los arquitectos otomanos en sus mezquitas culminándolos con las del maestro Sinán.



Fig.19. Cúpula-pechinas. (Construc. 3D del autor)

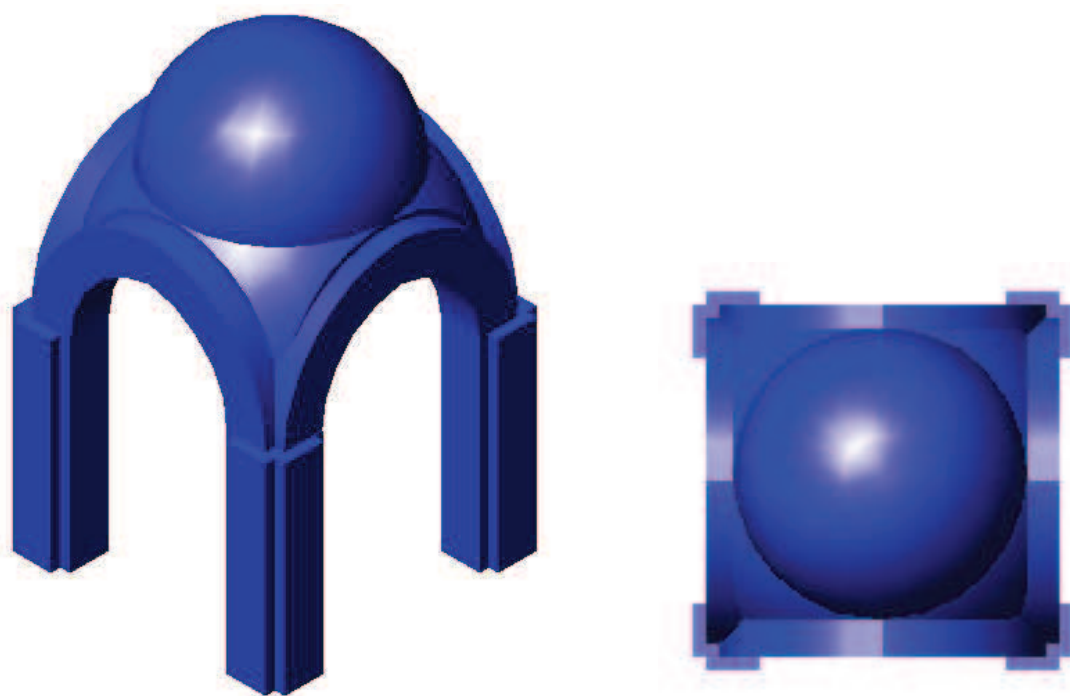


Fig.20. Esquema completo en axonetría y planta. (Construcción 3D del autor)

Hay que volver a la desafortunada desaparición de San Polyeuctos ya que sus cimientos no dan la suficiente información sobre la posibilidad de su cúpula (si existió) y la presencia de soportes. No así como en las excavaciones del Myrelaion Rotunda de Estambul (totalmente olvidada esta obra por los historiadores de la arquitectura bizantina).



Fig.21. Reconstrucción volumétrica del Myrelaion.

El Myrelaion tenía una cúpula de 15.00 metros de diámetro, justo la mitad que Santa Sofía y el mismo tamaño que Santa Irene de Estambul, la segunda iglesia bizantina más grande que ha sobrevivido en la capital.

La hipotética construcción del Myrelaion es fundamental como antecedente de la primera cúpula de Santa Sofía.

Otro principio es el de cúpula en exedras (conchas o multiconchas en esquinas). Los antiguos edificios con construcciones de conchas de cúpula tenían plantas poligonales como ha sido evidenciado en capítulos anteriores: Domus Aurea, Minerva Médica, etc. es, en cualquier caso experimentación sobre edificios cupulados. Esta experimentación surge de necesidades que van de lo funcional a lo simbólico.

Toda esta experimentación y desarrollo da como consecuencia la aparición de edificios cupulados con pechinas basados en plantas cuadradas y soportados en cuatro puntos.

En cualquier caso hay múltiples combinaciones de plantas poligonales con cúpulas, hecho este que nos da la posibilidad de diferentes agrupaciones de conchas. Si se trata de una planta cuadrada nos encontramos con cuatro pechinas, pero si las plantas son hexagonales u octogonales el concepto de pechina se diluye de alguna manera. Se estaría hablando de conchas, pero también como triángulos curvilíneos, aunque no tan puros y contundentes como las pechinas sobre planta cuadrada. La racionalidad de la elección no se deriva de condiciones estéticas, sino estructurales.



Fig.22. Esquema de cúpula sobre planta octogonal. (Construcción 3D del autor)

Volviendo al tema de cáscaras y obviamente sobre cáscaras esféricas debe destacarse otro aspecto fundamental para su estabilidad y equilibrio, cual es la aparición de grietas en dichas cáscaras esféricas.

Se han de citar estudios de Rowland J. Mainstone, Robert Mark, Heyman y otros (16) sobre las grietas radiales en cúpulas y sobre estados de fisuración producto de la geometría. Es evidente que las cúpulas pueden sobrevivir con este tipo de fisuras radiales.

Caso aparte es el Mausoleo de Teodorico en Rávena (17). Esta construcción está coronada por una cúpula monolítica de cerca de 11 metros de diámetro exterior y de más de 300 toneladas de piedra, siendo el diámetro interior de 8.60 metros. Formalmente tiene similitudes con la primigenia bóveda de Santa Sofía con la que compartía sus 54° de apertura sobre la horizontal y los 72° centrales.

Esta cúpula se encuentra al límite de la seguridad aunque demuestra un gran nivel de diseño y sofisticación.

Todos estos aspectos sentaron los antecedentes de las estructuras de ingeniería bizantinas.

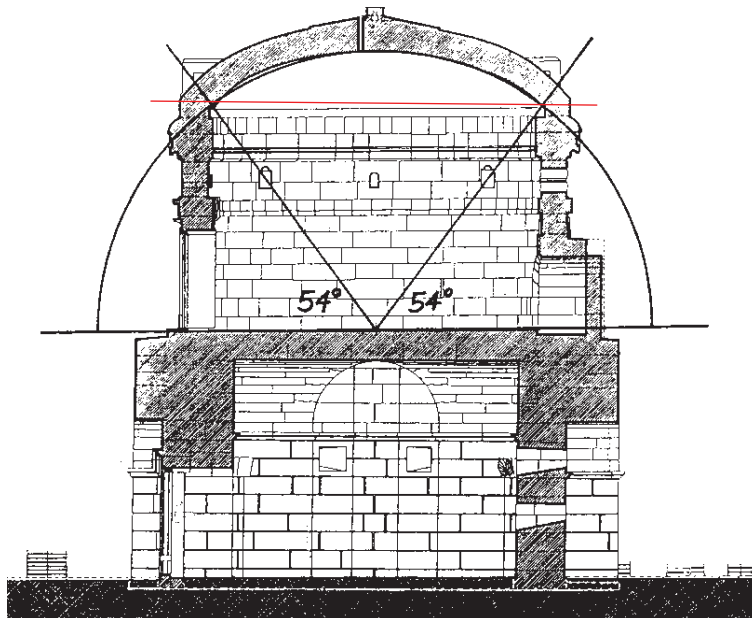


Fig.23. Mausoleo de Teodorico (sección). Rávena, año 526. En cualquier caso hay que significar que la cubierta no funciona como arco sino como una viga curva biapoyada. Esto originó la fractura en el centro del hipotético vano de la misma.

(16). Rowland J. Mainstone, *Structure in Architecture, History, Desing and Innovation*. Capítulos I, II y III. GREAT BRITAIN / USA. Ashgate Variorum. 1999. (Bibliog. nº 78).

Jacques Heyman, *El esqueleto de piedra, Mecánica de la arquitectura de fábrica*, Instituto Juan De Herrera, Madrid, 2005. (Bibliog. nº 59).

Robert Mark. *Light, Wind and Structure*. (Bibliog. nº 84).

(17). Richard Krauheimer. *Arquitectura Paleocristiana y Bizantina. Manuales de Arte Cátedra*. (1ª edición 1984). (Bibliog. nº 66).

El último elemento a analizar es la cimentación, y referido al presente estudio las cimentaciones de rejilla ortogonales y simetría bilateral de las unidades cupuladas.

La planta longitudinal de Santa Sofía nos brinda un dilema cual es: ¿cómo conciliar una cúpula centrada con una planta basilical longitudinal? No se sabe apenas nada de los cimientos de Santa Sofía porque nunca han sido estudiados ni investigados. Si lo han sido los restos de San Polyeuctos en la que se evidencia la cimentación longitudinal y posiblemente también la de la cúpula central.

La matriz de zapatas longitudinales y transversales formaba la esencia de la cimentación. El factor clave es que los arquitectos de alrededor del año 500 tenían pensamientos conservadores sobre el sistema de cimentaciones cuando los aplicaban a nuevas iglesias. Ignorantes de la estructura principal si se manifestaba la simetría bilateral en las unidades cupuladas. En el entramado de cimentación de San Polyeuctos aparece un cuadrado central, ¿sería esto la clave para presuponer la presencia y situación de la cúpula?

A partir de principio del siglo VI se generalizó esta rejilla de zapatas y la constitución del cuadrado central; ¿quizá para sostener la cúpula?

Los arquitectos bizantinos tempranos perfeccionaron nuevos conceptos de diseño, síntesis de intención simbólica y pragmatismo estructural. La iglesia de Santa Sofía constituye el punto más alto de esta síntesis.

En cualquier caso varios elementos no fueron resueltos satisfactoriamente, pero posteriores generaciones de arquitectos y constructores bizantinos reconocen la necesidad de la disposición en rejilla para sostener empujes laterales en la base de la cúpula.



Fig.24. Grabado de Santa Sofía. Nótese el aparejo de ladrillo aún sin enlucir.

Se ha trazado en este capítulo un recorrido sobre los edificios cupulados que han sido considerados de una u otra forma como precedentes de Santa Sofía. Se han hecho consideraciones a aspectos mecánicos, constructivos y estructurales sin entrar a valorar soluciones.

Es evidente la estabilidad de dichos edificios ya que, de hecho, han llegado en pie hasta nuestros días en condiciones más o menos dignas de conservación.

El tema de la cúpula es una constante; su implantación, su sustentación, su significación y los aspectos que las posibilitaron; temas mecánicos y básicamente temas constructivos. Ya se ha dicho que estos edificios si bien no han sido calculados si han sido bien contruidos, siendo esta la clave de su persistencia en el tiempo. Combinaciones y transmisión de empujes dentro de la lógica constructiva son los valores de estos edificios.

El análisis de formas espaciales en estructuras de fábrica está íntimamente ligado a la forma de construir de cada época en base al conocimiento técnico de los materiales y de la técnica constructiva. En Bizancio, aún teniendo la herencia romana se aprecia el aporte de múltiples escuelas, fundamentalmente asiáticas, tanto en modos como en materiales.

En la arquitectura bizantina habiendo sentado ya sus influencias y antecedentes y fijando el determinismo de la cúpula para sus realizaciones, así como la combinación de empujes como nuevas soluciones de equilibrio, comentar al respecto que según afirma Mas-Guindal⁽¹⁸⁾, una cúpula no es más que una estructura que traslada carga al suelo al igual que hace un pilar, con la diferencia sobre este, que esta carga es trasladada según un empuje de arco, en función de la tangente a la curva de la cúpula. Esta inclinación genera un empuje horizontal que en su base se transforma en una tracción de anillo.

Edificios contemporáneos de las mezquitas otomanas de Sinán cuales son Santa María de Las Flores en Florencia (solo la cúpula 1420-1445) o la cúpula de la Basílica de San Pedro en Roma (1589-1591) si están, no solo zunchadas por los tambores de su base, sino que en el interior de sus cáscaras cuentan con cadenas de hierro y madera para resistir esfuerzos. De hecho la aparición de grietas en estas cúpulas es evidente. Aunque en Florencia no comprometieron sus estabilidad si se vieron cadenas rotas (fatiga de los zunchos) en sucesivas reparaciones. En cualquier caso hay que hacer la observación de que Brunelleschi resolvió una cúpula gótica de nervaduras con perfil en quinto agudo.

No así el caso de San Pedro ya que aquí si se intuía ruina y fue el matemático Poleni a mitad del siglo XVIII tras estudios de Vanvitelli quien hace una reparación en profundidad y vuelve a “encadenar” la cúpula. ⁽¹⁹⁾

(18). Mas-Guindal (op. ct) (Bibliog. nº 86).

(19). Poleni, G. *“Memorie istoriche della gran cupola del templo vaticano”*. Stamperia del Seminario. Padua, 1748. (Bibliog. nº 103).

También el Panteón o Santa Sofía presentan estados de fisuración en sus cúpulas, pero estas no son, en ningún caso síntomas de alarma. De hecho la prueba de la validez del modelo de Santa Sofía es que esta lleva en pie quince siglos. Aunque con sucesivas reparaciones es, en esencia, el edificio diseñado por Antemio e Isidoro y reparado por Isidoro el Joven.

Ni que decir del bien hacer de los constructores romanos del Panteón, cuya vida ya es de dieciocho siglos y es sustancialmente el mismo que concibió y elevó Apolodoro de Damasco a principios del siglo II.

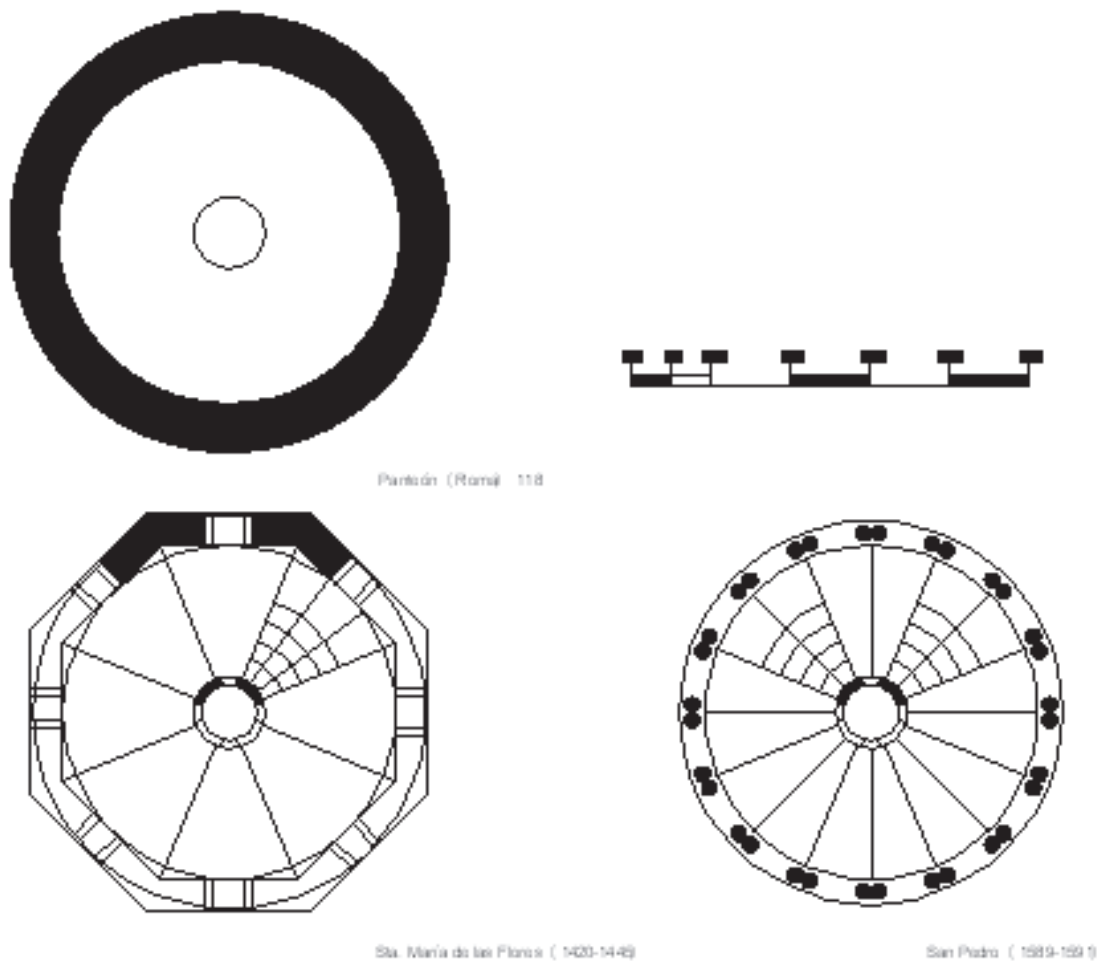


Fig.25. Comparativa a la misma escala de las cúpulas del Panteón, Santa María de las Flores y San Pedro de Roma. (Dibujo del autor)

Por lo que respecta a las obras del insigne maestro Sinán contemporáneas de los edificios renacentistas europeos (aunque nunca comparados con aquellos ni puestos en cuestión), cabría decir que aunque conocedor de las técnicas “europeas” fijó su producción en el modelo de Santa Sofía, en su esquema de transmisión de cargas, en cúpulas semiesféricas sostenidas con soportes y apeadas por cascadas de semicúpulas y , por supuesto, sin ningún tipo de

“trampa” como hicieron los autores renacentistas al tener que recurrir estos al zuncho perimetral alojado dentro del tambor.

Lo edificios de Sinán sigue siendo un prodigio de combinación de empujes, de alarde constructivo y porque no decirlo, de claridad conceptual. El clarísimo esquema de transmisión de cargas utilizado por él retomó el modelo bizantino y lo elevó a una escala sublime. No olvidar que el grosor de las cúpulas principales de sus mezquitas estaba en torno a los 80 centímetros de espesor y construidas con ladrillo.

Como se verá más adelante (ya que es tema de la presente tesis), Sinán utilizó múltiples soluciones de equilibrio basadas en cúpulas, tanto simétricas de forma total como la Sehzade (Estambul 1548) o la de Suleimaniye (Estambul 1557) y posiblemente en su obra cumbre, con una cúpula única como la Selimiye en Edirne (1575), pero siempre teniendo presente a la iglesia de Santa Sofía, retomando su espíritu y por supuesto dando validez a su modelo mecánico y constructivo

Si bien Sinán llevó este concepto a lo más alto, la arquitectura otomana anterior a él también bebió en las fuentes de Santa Sofía como se observa en la Uç Serefeli (Edirne 1447) y la Mezquita de Mehmet II (Estambul 1470) o la de Bayaceto II (Estambul 1506).

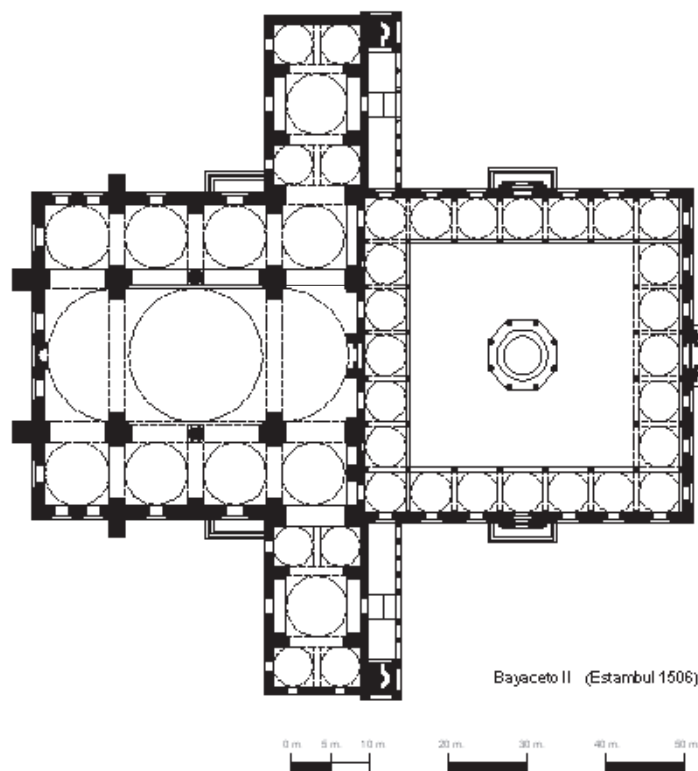


Fig.26. Planta de la mezquita de Bayaceto II. Estambul 1506. (Dibujo del autor)

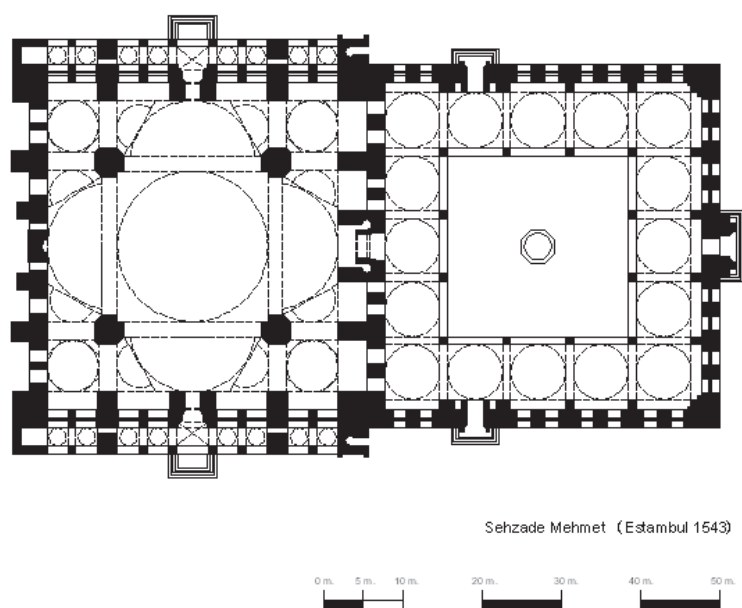


Fig.27. Planta de la mezquita de Sehzade. Mimar Sinán Estambul 1548. (Dibujo del autor)

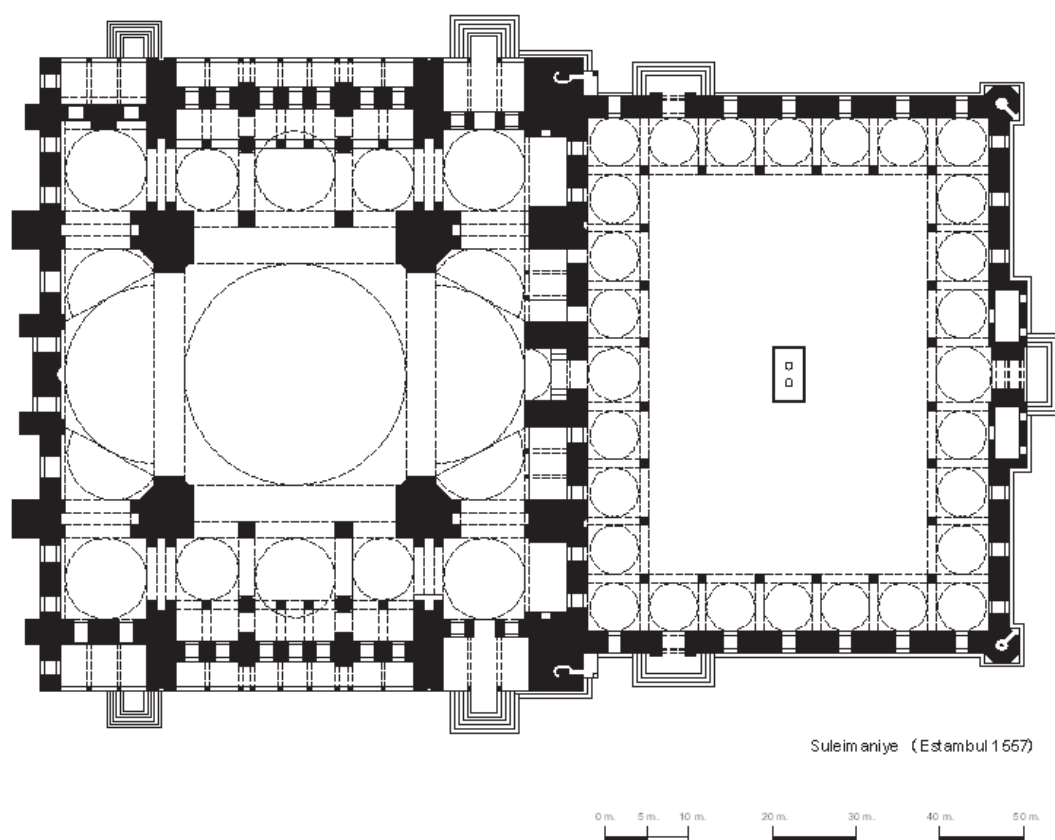


Fig.28. Planta de la mezquita de Suleimaniye. Mimar Sinán. Estambul 1557. (Dibujo del autor)

La última gran obra de este proceso de construcción de mezquitas otomanas culminó con la llamada Mezquita Azul o mezquita del Sultán Ahmet (Estambul 1617). En cualquier caso es posible que el autor de esta obra se fijase más en la de Sehzade que en la mismísima Santa Sofía. Aunque su belleza y grandiosidad son indiscutibles, desde el punto de vista técnico no consiguió superar a las del gran maestro Sinán.

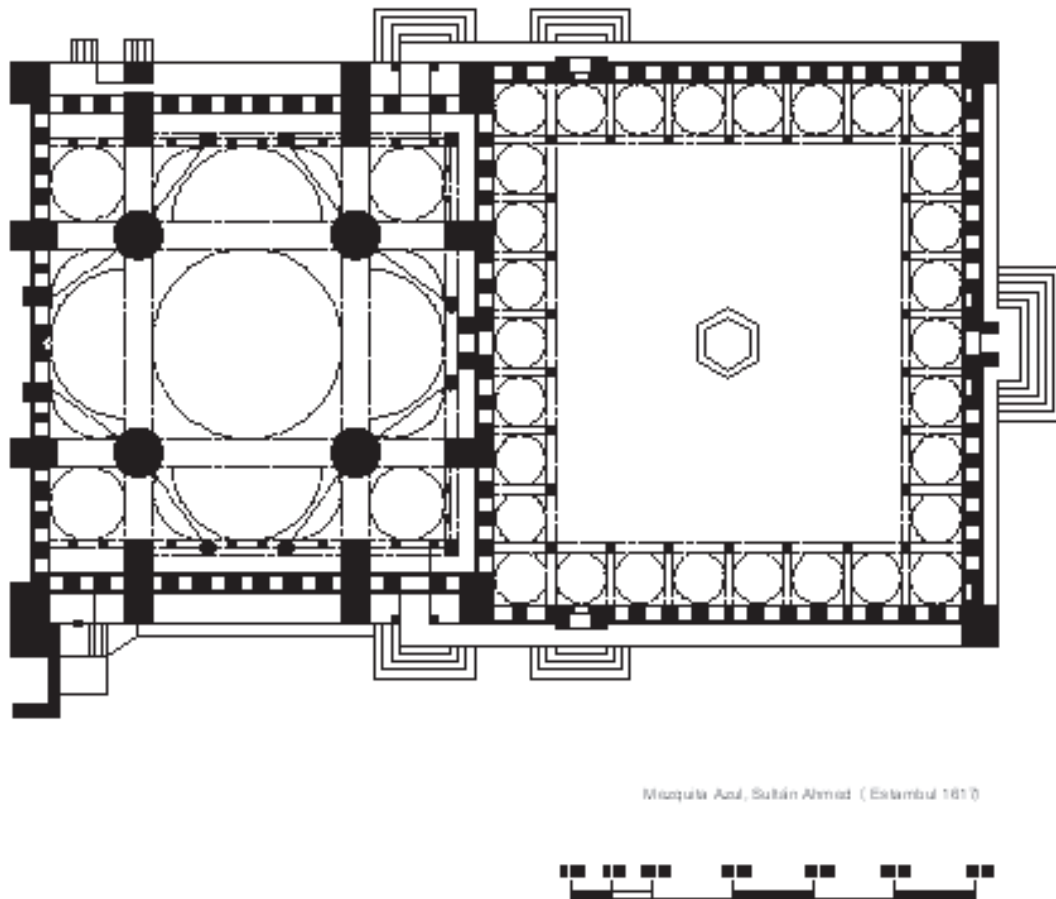


Fig.29. Planta de la Mezquita Azul. Mehmet Avu Aga. Estambul 1617. (Dibujo del autor).

En estas mezquitas y otras que se verán, aparece de forma omnipresente el espíritu de Santa Sofía; el modelo, la referencia, el icono, la esencia, la obra que alumbró a estas producciones 1000 años después. Aunque los autores de ellas eran conocedores de técnicas y obras occidentales quedaron marcados por la impronta de la Gran Iglesia. Se apreciará pues la esencia el espíritu de Santa Sofía en las Mezquitas otomanas de Estambul.

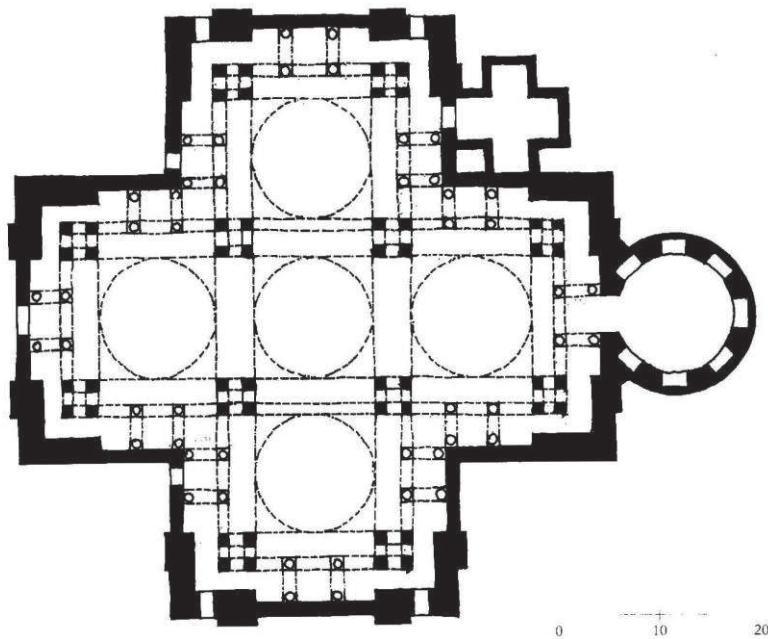


Fig.30. Iglesia de los Santos Apóstoles (principios del siglo VI). Derribada en su momento por Mehmet II, ahora ocupa su lugar la Fatih camii barroca. La iglesia de San Marcos de Venecia hace referencia formal a esta iglesia. (VV. AA.)

Se observa en la figura anterior cierta similitud entre las mezquitas de los sultanes con espacio centralizado cupulado y el concepto de espacio centralizado de la iglesia de los Santos Apóstoles, contemporánea de Santa Sofía.



Fig.31. Planta del foro del romano de Constantinopla. En la parte superior se puede observar Santa Sofía.

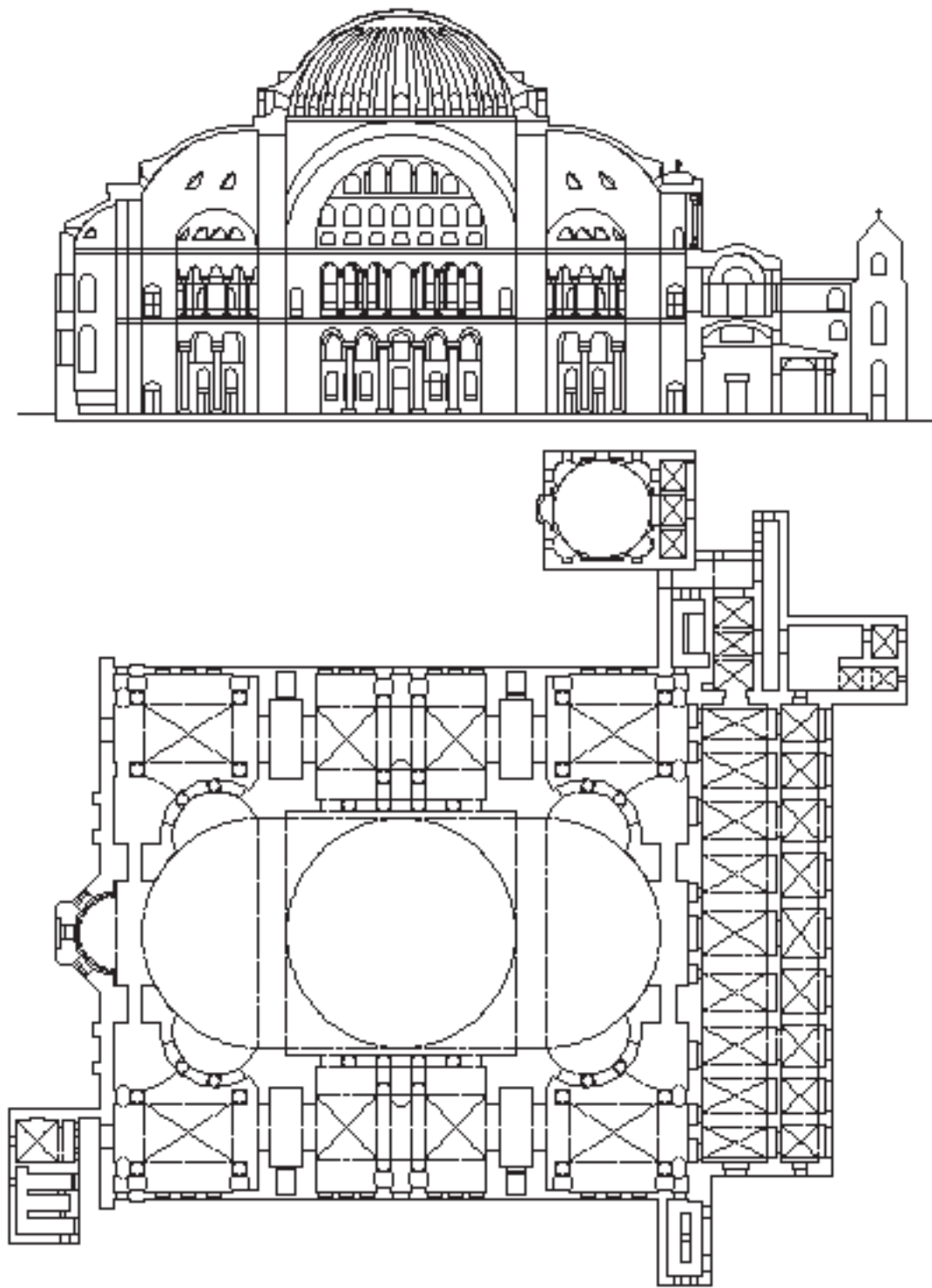


Fig.32. Planta y sección longitudinal de Santa Sofía. (Dibujo del autor).

Retomando el comportamiento estrictamente mecánico de Santa Sofía se observa en la figura 32 la sección longitudinal y la disposición del sistema de cúpulas. La cúpula central es contrarrestada en el sentido de la dimensión más larga de la planta. Recordar que se está hablando de una planta de desarrollo

longitudinal, aunque su cúpula central pueda llevar al equívoco de pensar en un espacio centralizado como ya se ha resaltado.

La cúpula central tiene una apertura angular aproximada de 130° , con lo que la parte traccionada disminuye. En cualquier caso dicha parte traccionada se encuentra contrarrestada con un pequeño cinturón o zuncho compensando este estado no deseable para una cúpula de fábrica. El peralte, o relación entre el diámetro y la altura a la clave oscila entre 0.290 y 0.310, debido a sus diferentes diámetros en los dos ejes produciendo una planta elíptica. Si se tiene en cuenta que una cúpula perfectamente semiesférica tiene un peralte de 0.500 y que este valor es inversamente proporcional al empuje horizontal de la cúpula es fácil hacerse una idea de los riesgos que tomó Isidoro El Joven al reconstruir la cúpula que es, en esencia, la que se puede contemplar en la actualidad. Como referencia anotar que el peralte de la iglesia de los Santos Sergio y Baco es de 0.423 produciendo un empuje bastante menor que Santa Sofía.

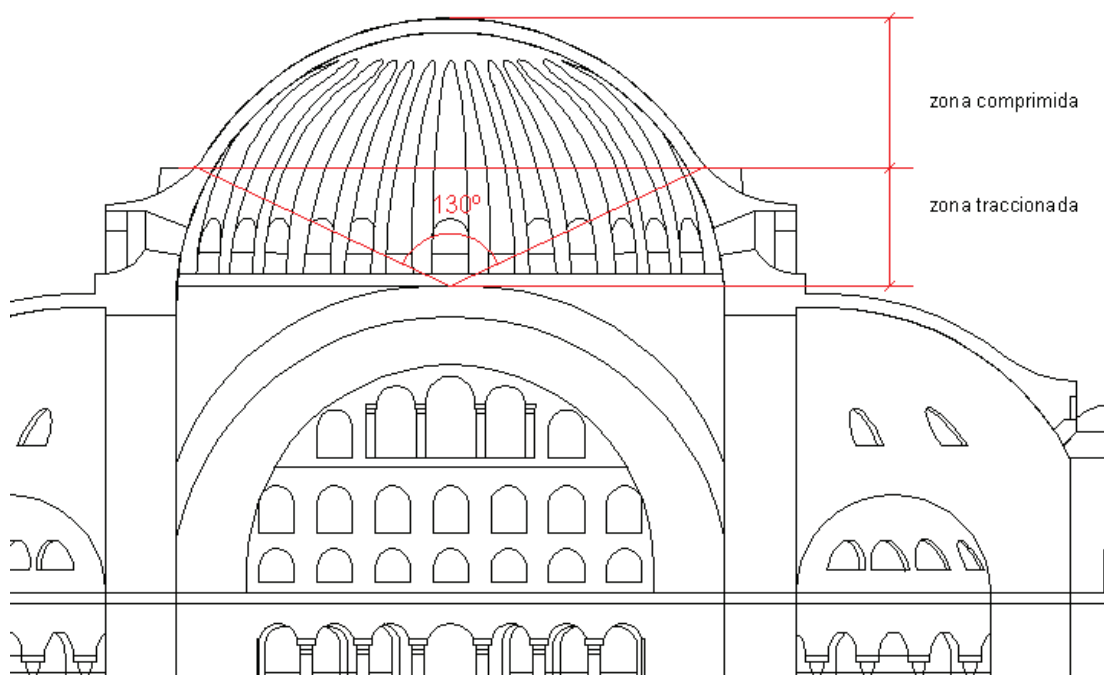


Fig.33. El ángulo de apertura de la cúpula de Santa Sofía delimita la parte comprimida y traccionada de la misma. Se observa que la parte traccionada se encuentra recercada por un mayor espesor de la fábrica y por pequeños contrafuertes entre los que se abren las ventanas. (Dibujo del autor).

Más adelante se compararan estos parámetros con los de las mezquitas de Sinán y la Mezquita Azul. En cualquier caso no se había dado esta situación de apertura angular para aliviar las tracciones hasta ahora, por lo menos a esta escala. En el Panteón de Roma, otra referencia insalvable, con su cúpula

semiesférica las solicitaciones de tracción se alivian con la apertura del óculo y con la perfecta gradación de la caementa, así como del engrosamiento de su base y los refuerzos escalonados de la misma.

En Santa Sofía, la actual, la consolidada por Isidoro El Joven, resaltan más estrategias para tratar de contener el enorme empuje de su cúpula. Al proponer un sistema de contrarresto asimétrico a una cúpula circular que transmite empuje de igual forma en todo el perímetro de su base, Isidoro levantó unos enormes y posiblemente desmesurados contrafuertes para ayudar a los arcos torales a contener el empuje de la cúpula central. Evidentemente las dos semicúpulas cumplían mejor la misión de contrarresto que los arcos torales.

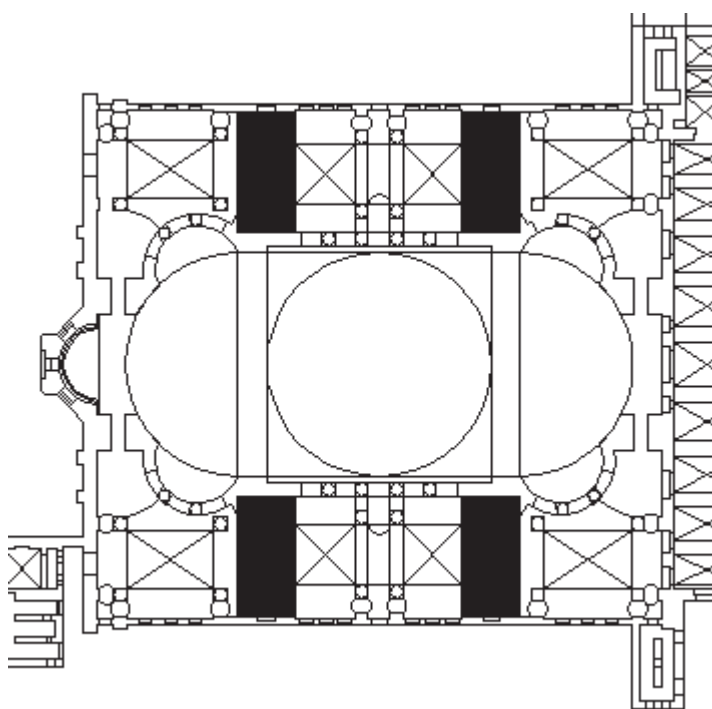


Fig.34. Esquema de disposición de los contrafuertes norte-sur. Santa Sofía. (Dibujo del autor).

Aunque la construcción original de Santa Sofía, la de Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto, sólo estuvo intacta durante veinte años, y dado que el derrumbe de la cúpula se debió a que la iglesia estaba cimentada parte en terreno rocoso y parte en terreno arenoso (se verá más adelante) y al producirse el terremoto de 557 se produjeron asientos diferenciales que hicieron que parte de la misma colapsara, nada indica que las medidas de precaución que se llevaron a cabo por Isidoro El Joven fuesen tan necesarias. Posteriormente hubo otros movimientos sísmicos, pero la Gran Iglesia sobrevivió a ellos.

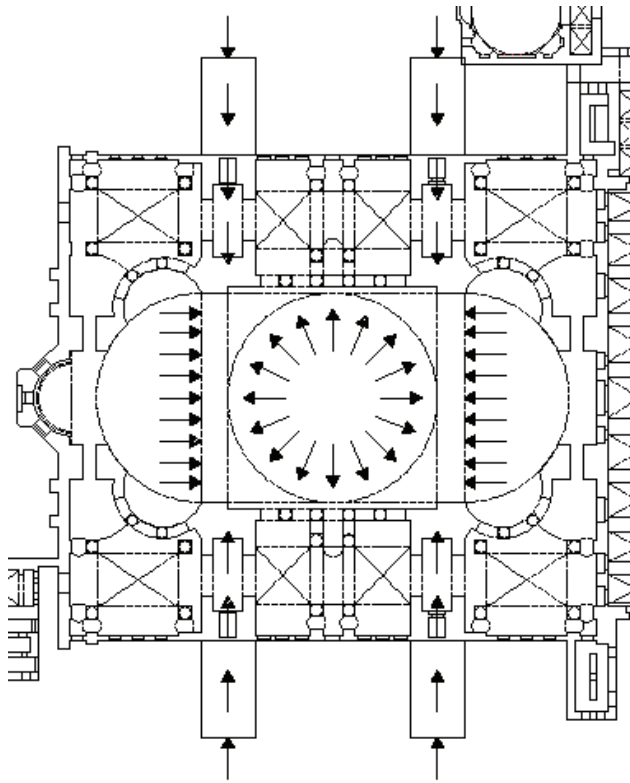


Fig.35. Esquema de disposición esfuerzos y contrarrestos. Santa Sofía. (Dibujo del autor).



Fig.36. Semicúpula de la parte del ábside. (Fotografía del autor).



Fig.37. Interior de Santa Sofía. (Fotografía del autor).



Fig.38. Interior de Santa Sofía (naves laterales). Fotografía del autor. Los tirantes que se observan son los que se dispusieron en su momento al retirar los provisionales y observar los movimientos que experimentó la fábrica al fraguar. Su misión es la de mantener la geometría, que es la base de la estabilidad en este edificio (y en cualquier edificio “antiguo” de fábrica).

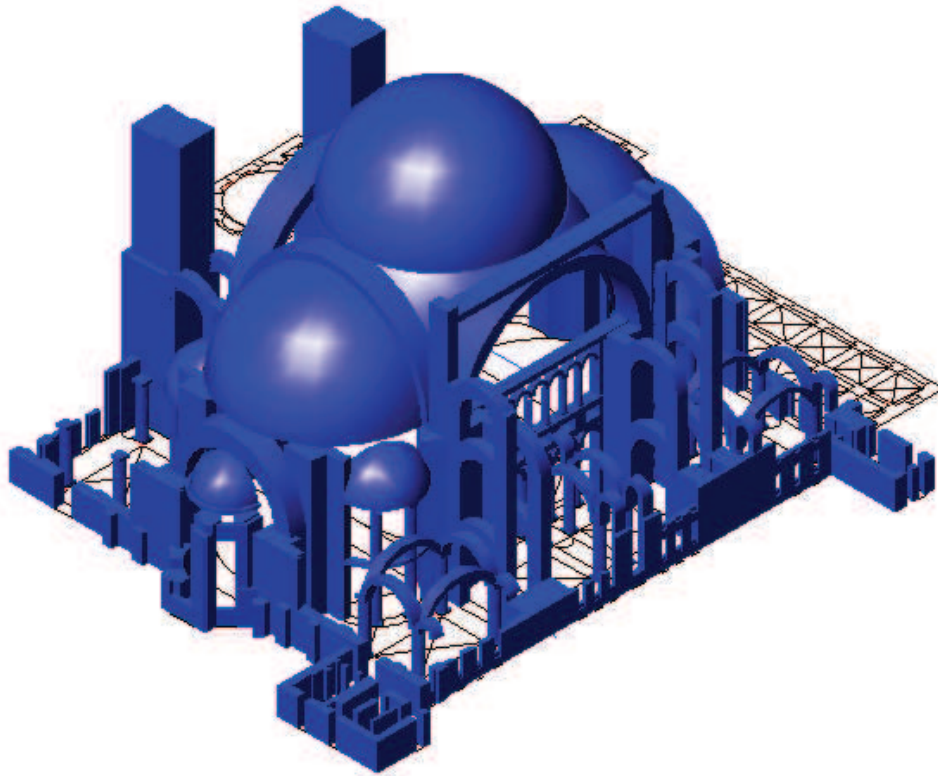


Fig.39. Esquema volumétrico de Santa Sofía. Se han eliminado los contrafuertes del primer plano para no entorpecer la visión de las galerías laterales. (Construcción 3D del autor).

Otro de los elementos consolidados por Isidoro El Joven fueron los arcos torales que fueron reforzados engrosándolos en su trasdós. La deformación de estos pudo producirse durante su construcción (debido a la fábrica con exceso de mortero), pero se vio acrecentado con el empuje de la cúpula.

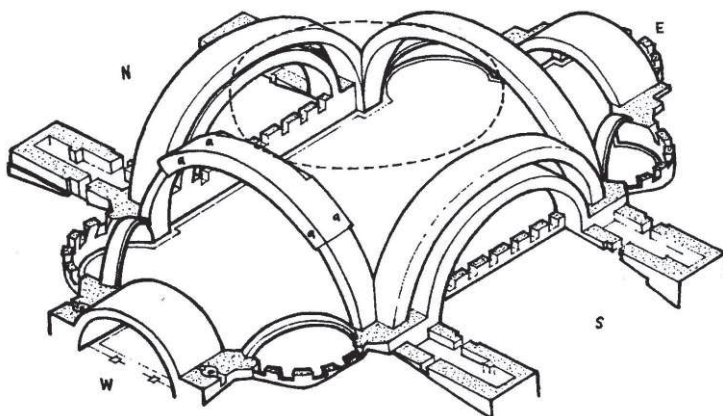


Fig.40. Esquema estructural de arcos de Santa Sofía. (Mainstone).

En la figura 40 se observa lo mencionado previamente. El refuerzo de los arcos este y oeste se debe a una intervención del siglo X. En cualquier caso el movimiento que ha experimentado la iglesia ha sido medido y constatado a lo largo de toda su vida, una vida que no se ha de olvidar que ya es de casi quince siglos. Este movimiento como ya se ha visto ha sido debido a varios factores como su lecho de cimentación, su fábrica y los movimientos sísmicos, que podrían considerarse como alteraciones de las condiciones del entorno; factor este que penaliza a las construcciones de fábrica y por último a las deformaciones propias del proceso de asentamiento y empuje de sus elementos. En cualquier caso estos movimientos no han alterado esencialmente al conjunto del edificio.

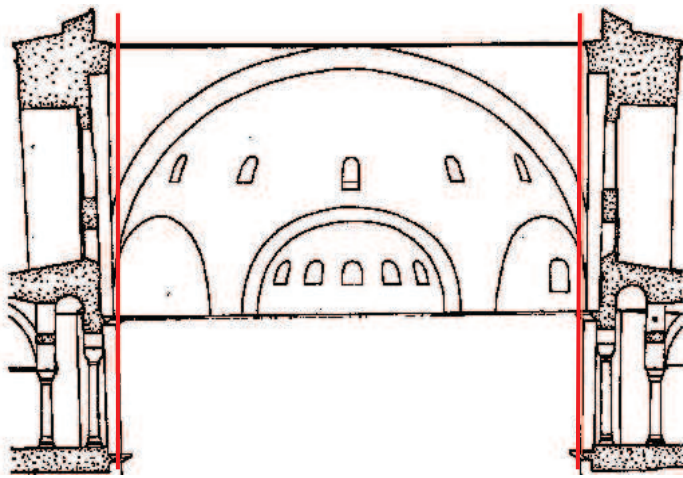


Fig.41. Sección transversal de la nave central de Santa Sofía en la que se aprecia la deformación que ha experimentado. (Mainstone-Van Nice).

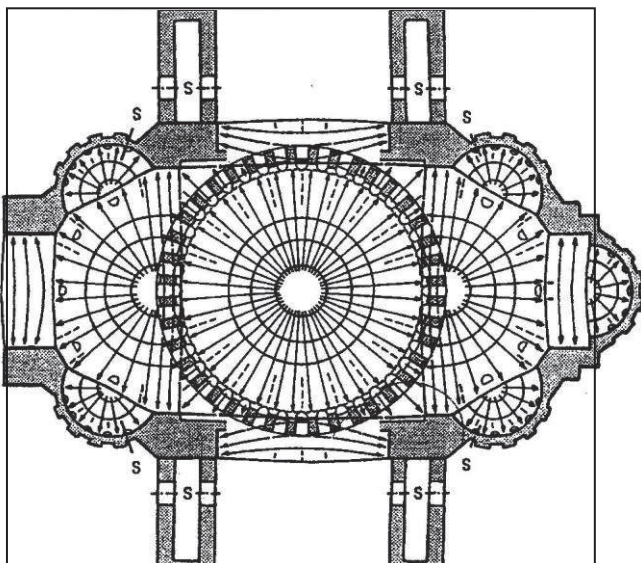


Fig.42. Líneas de fuerza. (R. Mark).

En lo referente a la deformación o cambio de forma sufrida exclusivamente por la cúpula, en la figura 43 se aprecia el efecto de un cedimiento simétrico del sistema de contrarresto. Se aprecia (a) el dibujo de la línea de empuje mínimo que determina la posición de las rótulas de los mecanismos, (b) la representación del movimiento correspondiente a este empuje y por último (c) la relación geométrica entre la apertura radial δ_h y el descenso vertical δ_v del casquete de la clave.

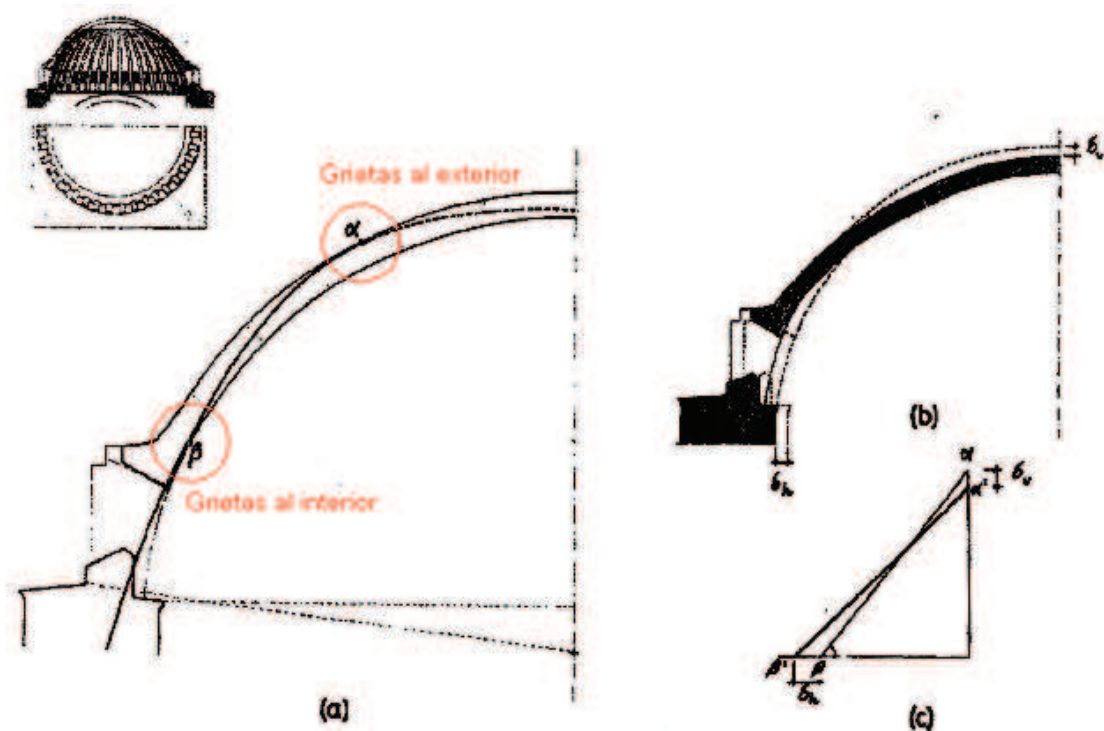


Fig.43. Deformación de la cúpula de Santa Sofía. (R. Mark). Se significan las zonas en la que se presentan las grietas en la cúpula.

La cúpula de Santa Sofía se podía adscribir a la tipología de “bóveda tabicada” entendiendo como tal la constituida por lechos de ladrillo o elementos cerámicos sentados de plano formando sucesivas roscas de espesores que rondan las tres o a lo sumo cuatro roscas.

En la iglesia bizantina las bóvedas por aristas de las naves laterales son muy peraltadas. La cúpula principal se compone de dos hojas pegadas, de las cuales la inferior está formada por arcos independientes radiales y la superior por un casquete continuo formando un espesor de entre 60 y 80 centímetros.(20)

(20). J. Ebersolt. *Monuments d'Architecture Byzantine* 1934. Recopilado en el libro de Luis Moya: *Bóvedas tabicadas*. 1993. ETSAM. (Bibliog. nº 92).

En Santa Sofía, en la transmisión de empujes desde la cúpula central hasta las pequeñas bóvedas del contorno tiene mucho interés la introducción de columnas de mármol, muy esbeltas que sólo pueden soportar cargas verticales y que obliga a una compensación perfecta de los empujes de las bóvedas que cargan en ellas, pero que tienen la ventaja de ocupar muy poco sitio y no estorbar la visibilidad.

La iglesia original de Santa Sofía ha ido experimentando variaciones ya desde el propio momento de su construcción, es más, como ya se ha referido con los escritos de Procopio los movimientos en la fábrica ya empezaron mientras esta se iba ejecutando.

Pero sin embargo las sucesivas consolidaciones, añadidos, intervenciones en pro de frenar patologías, reparaciones en cúpulas, refuerzos en muros soportes y fábricas, alteraciones de aspecto, cambio de uso y demás vicisitudes que ha tenido que soportar Santa Sofía han conseguido alterar su espíritu primigenio. Quizá el logro no ha sido tanto su ejecución sino su persistencia en el tiempo. Y su influencia para las grandes obras otomanas del XV y XVI.

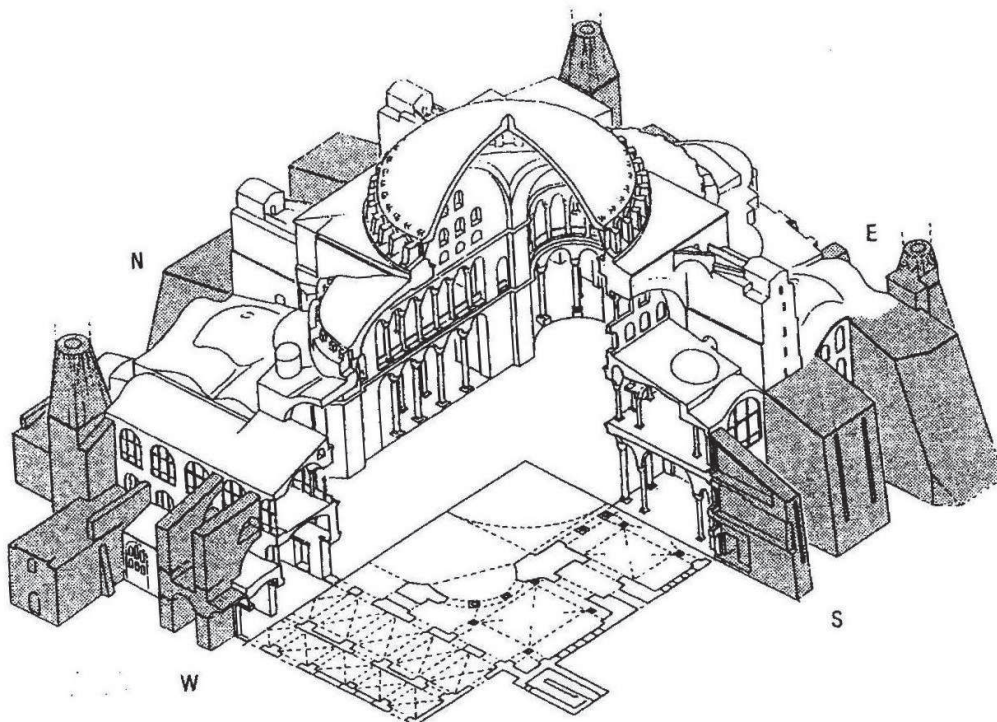


Fig.44. Elementos añadidos al esquema de Santa Sofía desde su concepción original. (Mainstone).

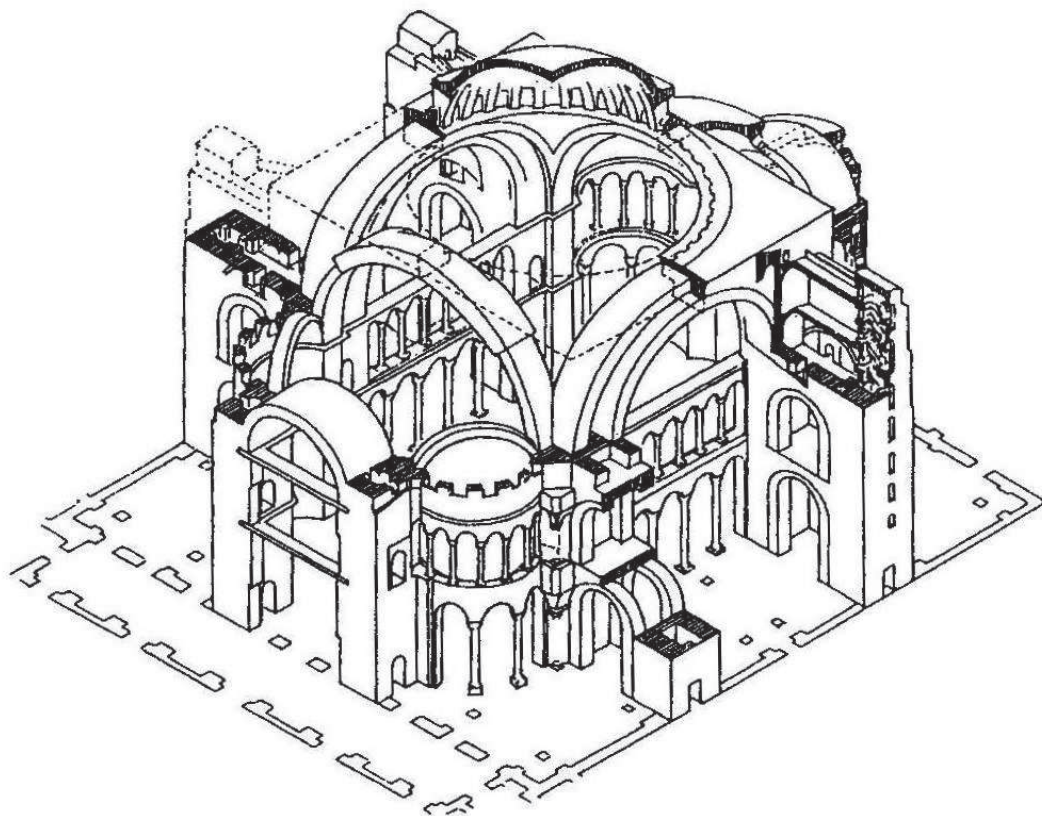


Fig.45. Esquema estructural de Santa Sofía en su concepción original. (Mainstone).

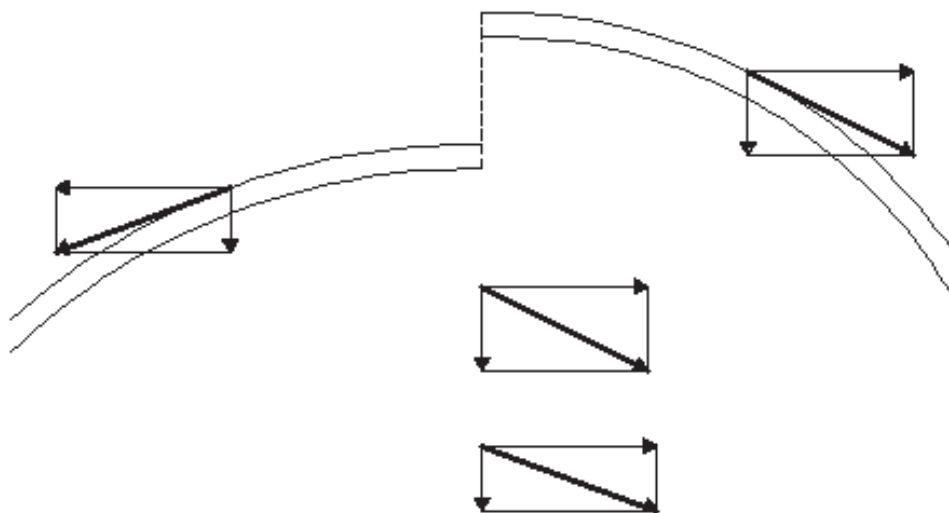


Fig.46. Descomposición vectorial de los empujes de la cúpula de Santa Sofía en su concepción original (izquierda) y la de Isidoro "El joven" (derecha). Se aprecia claramente la mayor magnitud de la componente horizontal en la realización de la cúpula original. (Dibujo del autor).

OBRA	LOCALIZACIÓN	FECHA	Ø CÚPULA
Sta. Constanza	Roma	350	11.00 m.
Basílica Nova	Roma	S. IV	bóvedas 25.00 m.
Mausoleo de Teodorico	Rávena	526	8.60 m. monolítica
S. Polyeuctos	Constantinopla	524-527	¿?
Santa Irene	Constantinopla	532	15.00 m.
Santos Sergio y Baco	Constantinopla	527-536	16.00 m.
Myrelaion	Constantinopla	S. V	15.00 m.
San Vital	Rávena	547	16.00 m.
S. Apolinar in Clase	Rávena	549	planta basilical

Fig.47. Tabla comparativa de edificios relacionados con Santa Sofía de Constantinopla. (Autor)

Hasta aquí se ha aportado una visión de los edificios cupulados de planta centrada que fueron alumbrados en la Roma Imperial, siguiendo con unas pinceladas de la arquitectura paleocristiana y bizantina. A este respecto se ha profundizado en las razones de la construcción de la iglesia de Santa Sofía, atendiendo también a cuestiones mecánicas y estructurales.

El siguiente paso, en el transcurso de la tesis, es abordar las primeras aportaciones culturales, sociales y arquitectónicas de un Imperio que llegó a ser el Imperio Islámico más extenso y longevo: el Imperio Otomano, el Imperio de La Sublime Puerta, un Imperio que se mantuvo diez siglos a las puertas de Europa.

7. EL IMPERIO OTOMANO

Turquía tuvo su primer contacto con el Islám en el conflicto turco-arábigo de 624. La dinastía de dirigentes turcos se fundó en 874 (Yasaman) y la definitiva adopción del Islám por el pueblo turco data del 920-960. Aún así podemos decir que la historia de la arquitectura turca es anterior y se entronca con la cultura persa.

Las dinastías turcas, en un principio, ayudaban al califato Abasida a mantenerse en el poder y con motivo de esto penetraron en territorio bizantino.

En 832-842 se funda la ciudad de Samarra cerca de Bagdad por comandantes turcos. El primer estado Selyúcida se funda en 1040 (Tügul Bey).

Kilicarslan II entre 1156 y 1192 inauguró un periodo de desarrollo y fue en esta época en la que la resistencia bizantina fue finalmente vencida cerca de Konya y el poderío turco se estableció permanentemente en Asia Menor.

En 1308 a la muerte de Kayseri el sultanato Selyúcida llegó a su fin rompiéndose la unión con la Anatolia turca y el poder pasó a una serie de reinos independientes.

Los fundadores del Estado Otomano fueron turcos descendientes de la familia Ogüz cuyo líder Estugrul entró en Anatolia en los tiempos del sultán Alaüddin Keykubad I (1220-1235), asentándose en Konya y Ankara. Posteriormente tomaron de los bizantinos algunos territorios como Söğüt y Domanic. A su muerte fue sucedido por su hijo Osman que tomó el título de protector de la frontera bajo el sultán. En 1299 cuando el poder de los Selyúcidas estaba declinando proclamó su independencia.

Este nuevo estado turco tomó su nombre del otomano (Osmanli) de su fundador.

El período de fundación (1299-1501) empieza con Osman “El Conquistador”. La adhesión de los bizantinos de Asia Menor fue completada y las fuerzas turcas cruzaron Europa y penetraron hasta las tierras del Danubio. La situación en los Balcanes se estabilizó debido a las fuerzas de las Cruzadas, pero Estambul cayó en 1453, posteriormente ciudades como Bursa y Edirne. Estambul se constituyó como la capital del Estado.

La Edad de Oro del Imperio podemos situarla entre 1501 y 1703. Esta época vio la penetración de la armada turca en Europa hasta el interior de Alemania y en Asia hasta el interior de Persia, la captura de Bagdad y territorios de Anatolia y Siria y la ocupación del norte de África. El Mediterráneo empezaba a ser un lago turco.

En este período la arquitectura toma su forma final y definitiva, es la época del arte clásico otomano, es la época de Mimar Sinán, el gran genio de la arquitectura otomana.

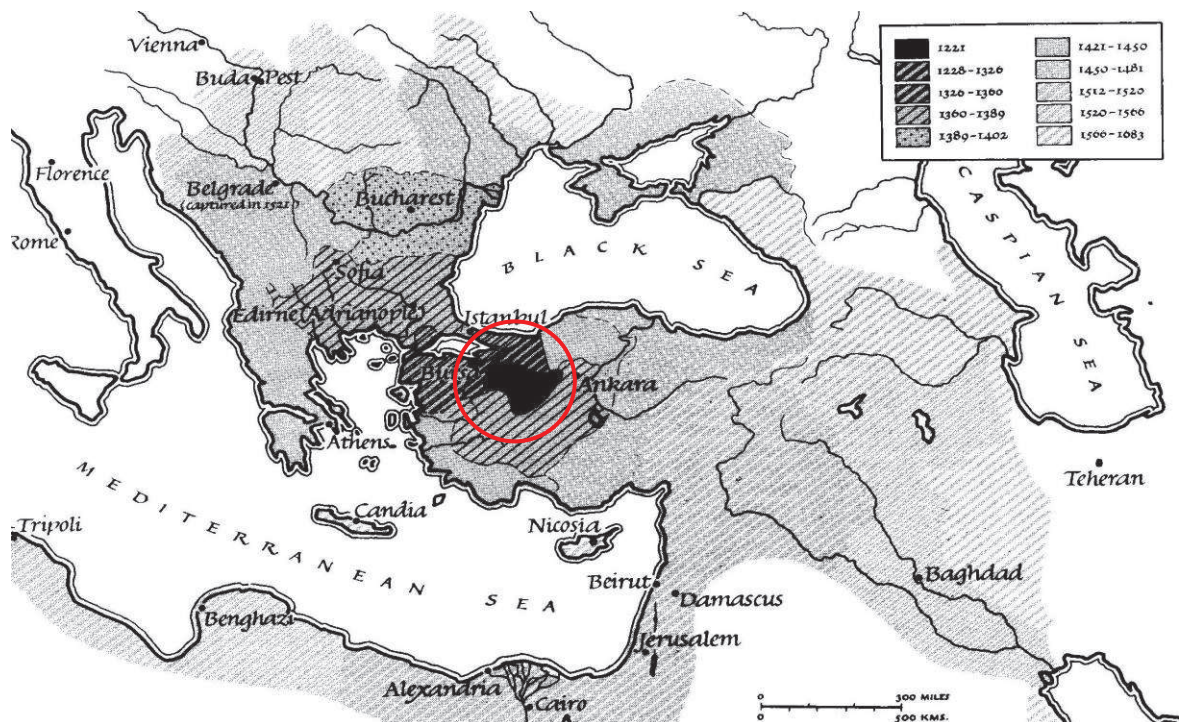


Fig. 1. Expansión del Imperio Otomano. (Ünsal)

El llamado Período del Tulipán abarca desde 1703 hasta 1730 y es la época del declinar del Imperio. Continuas extravagancias causan una serie de crisis financieras y, consecuentemente, las actividades arquitectónicas se circunscriben a pequeños edificios decorativos. El clasicismo turco empezaba a tener problemas, el proceso de europeización había empezado.

El período tardo barroco (1730-1808) coincide históricamente con el período de reforma. Los efectos de la Revolución francesa (1789) empezaban a sentirse. Serbia, Grecia y Egipto rompieron con el Imperio y comenzaron su independencia.

Entre 1808 y 1867 se produce un tiempo de reforma y revolución en el Imperio, la sucesión de sultanes se fue restringiendo por leyes constitucionales.

El período cosmopolita nos lleva de 1876 a 1908 y el período de la joven Turquía (neo clásico) hasta 1922. En este año se depone el último sultán y Mustafá Kemal Attatürk funda la república laica de Turquía en 1923.

Se va a hacer ahora una aproximación a la arquitectura significativa del tema a estudiar, estudio en el que se profundizará posteriormente y que ocupará gran parte del cuerpo de la tesis.

7.1. Los Selyúcidas (siglos XII-XIII). Mezquitas hipóstilas.

Podemos enmarcar el llamado período Selyúcida de Anatolia a la época entre el 1071 y el 1308. Las mezquitas derivan de las de la “edad temprana” y consistían en una sala hipóstila precedida de un patio. Este esquema es, a su vez, una derivada de los templos egipcios. En las mezquitas hipóstilas el esquema era simple, columnas y techos de madera.

Ejemplos de, estas mezquitas serían las de Fasst y Kufa, la de Ibn Tulum en El Cairo (construida por un gobernador turco en 879). La Mezquita de Córdoba empezada en el 787, la Gran Mezquita de Damasco y la de Al-Azhar en El Cairo. Todas ellas son hipóstilas y se erigieron durante la dinastía de los Omeyas.

La primera aplicación turca de, este sistema se da en La mezquita de Samarra (año 852) a la que los Selyúcidas de Anatolia la dieron el nombre de Ulu Camii. Esta mezquita Selyúcida responde perfectamente a la tipología definida anteriormente. La falta de largas traviesas de madera impedía las grandes luces por lo cual se constituía un autentico laberinto de pequeños arcos y columnas.

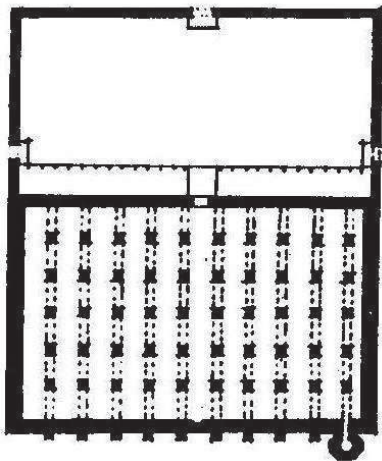


Fig. 2. Mezquita de Ulu Cami. Sivas (fin siglo XI). (Ünsal).

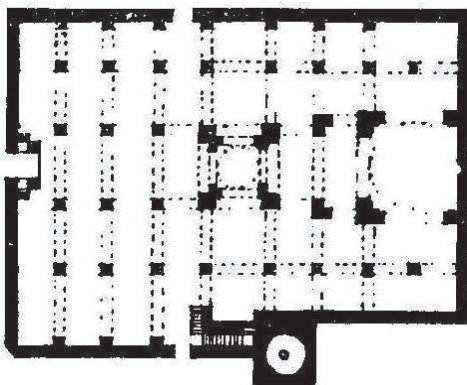


Fig. 3. Mezquita de Ulu Cami. Kayseri. (año 1140). (Ünsal).

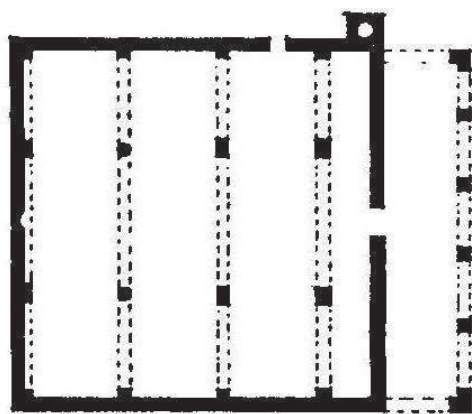


Fig. 4. Mezquita de Akasar en Karaman. (principios siglo XI). (Ünsal).

Como hemos visto las tipologías anteriores se corresponden con el esquema de mezquitas hipóstilas. La mezquita de Ulu Cami en Sivas es posiblemente la más antigua de este tipo que se conoce como arte Selyúcida.

Se debe aclarar que el vocablo "Cami" o "Camii" significa gran mezquita (mezquita de los viernes), mientras que "Mescit" es pequeña mezquita (mezquita de diario).

Aparece un avance en la arquitectura Selyúcida de Anatolia a partir de, las guerras contra Bizancio y las Cruzadas y con la fundación del Estado Nacional Unificado.

El exponente principal de este cambio es la Mezquita de Alâüddin en Konya (1156-1220). Es este un edificio de geometría sencilla oscurecida por adiciones posteriores. La estructura vertical está constituida por columnas de piedra. Empieza a aparecer cierta complicación en la cubierta con la aparición de cúpulas y elementos curvos. Está construida enteramente en piedra y las arcadas van en dos direcciones perpendiculares.

Posteriormente avances constructivos y mecánicos hacen que se supriman el número de pilares y se acometan más complicaciones en la cubierta, como cúpulas con nervios. Un ejemplo de esto es la Ulu Cami y el hospital mental de Divrigi del fin del XIV que tiene 16 soportes y la nave central más ancha.

7.2. La expansión Otomana y la consolidación del Imperio Otomano (mezquitas cupuladas)

Se va a iniciar un análisis de la arquitectura propiamente otomana distinguiendo entre los períodos que interesan y que serían los siguientes.

Un primer periodo, periodo temprano o “Escuela de Bursa” (1299-1502) y un segundo periodo llamado “Edad de Oro” (1501-1703). En este periodo es donde se producen las mezquitas cupuladas de Mimar Sinán y que son la otra referencia de esta investigación junto con Santa Sofía.

Aparte tenemos el “Periodo del Tulipán” (1703-1730), el “Periodo Tardo Barroco” (1730-1808), el “Periodo del Imperio” (1808-1867), el “Periodo Cosmopolita” (1867-1908) y, por último el “Periodo Neoclásico” o de la joven Turquía (1908-1923), pero esto no es tema del presente estudio.



Fig. 4. Parte de un mapa de Estambul (1776).

El estudio se centrará exclusivamente en las dos primeras épocas artísticas mencionadas.

7.2.1. Escuela de Bursa.

Se llamarán así los edificios más tempranos de la dominación otomana y su estilo arquitectónico se extendió por otras ciudades. La mezquita de Orhan Bey del arquitecto Orhan Gazi es de 1334 y en ella aparece una nueva tipología de Mezquita que es en forma de “T invertida”.

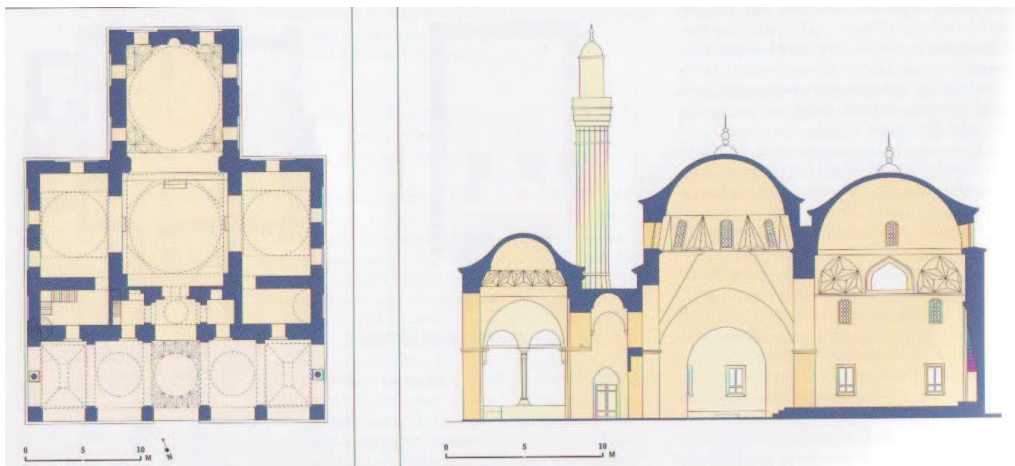


Fig. 5. Mezquita de, Orhan Bey en Bursa (año 1334). (Yerasimos).

Bajo la escuela de Bursa, la tipología de Ulu Cami continua en Estambul y en las provincias pero con diferencias, como que las cubiertas consisten en cúpulas anexas. Especialmente de este tipo nos encontramos con Ulu Cami en Bursa con 20 cúpulas y 12 soportes y Eski Cami en Edirne con 9 cúpulas y 4 soportes.

Esta tipología de planta empleando el mínimo número de cúpulas y soportes es típico de las mezquitas de Estambul del siglo XV (mosque de Zincirlikuyu) y del XVI (mosque de Piyale Pasha). Posteriormente cuando esta tipología empezó a ser inadecuada para una mezquita se fue abandonando y se empezó a utilizar en salas de recepción y palacios.

De este periodo, también empezando el siglo XIV, data el desarrollo de la mezquita de una sola cúpula como son la Alâüdüne mosque en Bursa (año 1326) y la de Haci Özbek en Iznik (año 1333).

Se pueden observar diferentes técnicas en Bursa e Iznik donde la transición de la planta cuadrada a la cúpula esférica se realiza mediante superficies triangulares (pechinas). En Estambul por tramos curvos, y hay diferencias en los efectos arquitectónicos. En Estambul la arcada frontal parece más baja y da la sensación de una adición al edificio principal, en Bursa e Iznik parece incluido en la masa del edificio.

A mediados del siglo XIV se desarrolla un tercer tipo que se da especialmente en Bursa donde aparece; un patio central y tres naves, una en la dirección del eje principal y otras dos en la perpendicular, más un incompleto piso superior (galería) conteniendo otras habitaciones. Las naves están elevadas dos o tres escalones respecto al nivel del suelo y generalmente cubiertas con una cúpula o bóveda.

Son ejemplo de esto las mezquitas de Murad I en Estambul (año 1363) y la de Yildirim en Bursa (año 1390).

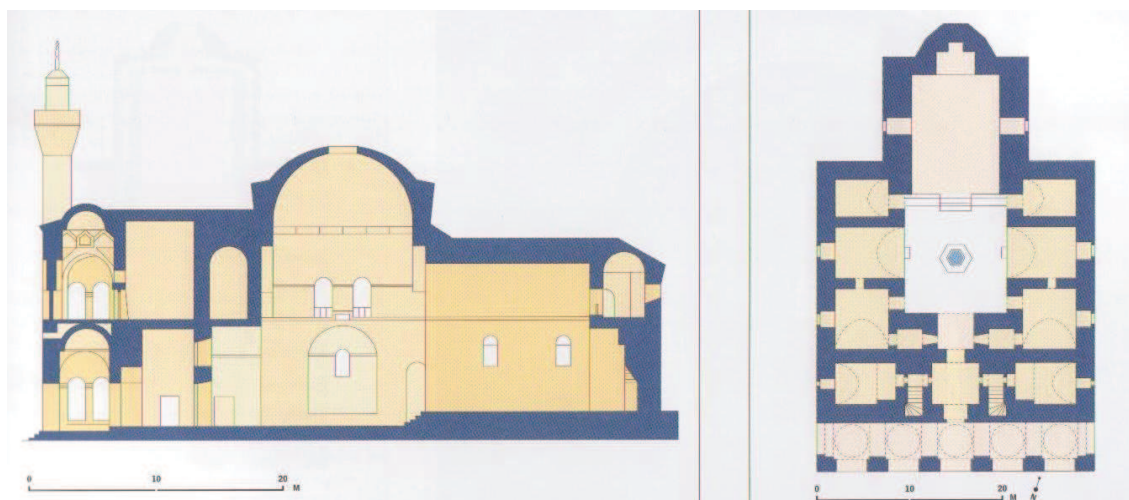


Fig. 6. Mezquita de Murad I. Estambul (año 1336). (Yerasimos).

Tras esta aproximación a la historia (1) y al devenir de los acontecimientos se va a iniciar un estudio tipológico más pormenorizado que se comenzará con la Ulu Camii de Bursa y con la Eski Camii de Edirne. Estas dos realizaciones serán el inicio de un camino por el mundo de la arquitectura propiamente otomana y que culminará con las obras del gran Mimar Sinán.



Fig. 7. Plano de la Constantinopla del siglo XII. (Fuente: Wordpress)

(1) Stephane Yerasimos. Constantinopla, la herencia histórica de Estambul. ED. Üllman Konemann. (Bibliog. nº 123 y 124)

Emilio Cabrera. Historia de Bizancio. Ariel Historia. (Bibliog. nº 17)

Federico Gravina. Descripción de Constantinopla. Miraguano Ediciones. Madrid, 2001. (Bibliog. nº 47)

Manuel Núñez Rodríguez y Teresa Pérez Higuera. La Alta Edad Media y el Islám. Arte-guías. (Bibliog. nº 97)

Behcet Ünsal. Turkish Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman times 1071-1923. Editorial Alec Tiranti/London/1970. (Bibliog. nº 114)

Goodfrey Goodwin. History of Ottoman architecture. Editorial Thames & Hudson/London/1971. (Bibliog. nº 50)

Gülru Necipolu. The age of Sinan. Architectural culture in the Ottoman Empire. Reactions Books Ltd./London/2005. (Bibliog. nº 96)

Richard Ettinghausen, Oleg Grabar. Arte y Arquitectura del Islám 650-1250. Manuales Arte Cátedra, 1987. (Bibliog. nº 37)

Miguel García López. Los inicios del arte otomano. Electa, Barcelona, 2002. (Bibliog. nº 46)

Aptullah Kuran. The Mosque in Early Ottoman Architecture. University of Chicago Press, 1968. (Bibliog. nº 71)

Francisco Veiga. El turco. Diez siglos a las puertas de Europa. DEBATE, 2006. (Bibliog. nº 117)

8. EL GERMEN DE LAS MEZQUITAS DE LOS SULTANES.

El capítulo que se va a abrir a continuación arranca con la descripción de las primeras mezquitas ubicadas en la Península de Anatolia, cuando el Imperio Otomano empezaba a consolidarse en sus primeras capitales; Bursa y, posteriormente Edirne y que se situarían dentro de la arquitectura temprana otomana

Son mezquitas que empiezan a evolucionar a partir de la tradición selyúcida de salas de oración hipóstilas (siglos XI al XIII). Aunque se observa también la tradición de las mezquitas cupuladas de pequeño tamaño de principios del siglo XIV.

La Ulu camii y la Eski camii responden a una determinada tradición y tipología, pero ya se va viendo un atisbo del rumbo que cogerá la arquitectura otomana a partir de estos edificios.

El punto de inflexión o, si se quiere, de partida para las grandes mezquitas centralizadas cupuladas lo marca la mezquita de Uç Serefeli, llamada así por los tres balcones que tiene su alminar y que no volverán a aparecer hasta las mezquitas de Sinán. Esta es la gran mezquita del viernes que erigió Murad II, relegando a la Eski camii en importancia y a la que a partir de entonces se llamó “mezquita vieja”.

El paso definitivo a las llamadas mezquitas de los sultanes se dio con la caída definitiva de Constantinopla bajo Mehmet II, “El Conquistador”.

Este fue el primer sultán de Estambul y el que erigió su mezquita en la ciudad conquistada en las últimas décadas del siglo XV. La Fatih camii ya cuenta con un notable desarrollo de su cúpula central pero el esquema no es puro en sí mismo. La influencia de Santa Sofía se hace patente aún de manera conceptual.

Su sucesor; Bayaceto II levanta también su mezquita en Estambul a principios del siglo XVI. Aunque de modestas dimensiones ya marca un esquema claramente inspirado en Santa Sofía pero con aportaciones netamente otomanas. Desaparecen las bóvedas de cañón y de arista y son sustituidas por naves cupuladas.

En este capítulo también se hace una referencia a los edificios contemporáneos que se estaban llevando a cabo en la zona occidental del continente, concretamente en los albores de la Italia renacentista.

8.1. ULU CAMII. Bursa 1396.



Fig. 1. Ulu Camii, fotografía 1926.

La Ulu Camii (“gran mezquita”) fue fundada en 1396 en la ciudad de Bursa, primera capital del Imperio Otomano.

Su planta es rectangular con una superficie de 63.00 x 50.00 metros, posee bóvedas semiesféricas sostenidas por imponentes pilares de piedra cruciformes de 3.00 x 3.00 metros, concretamente 12 pilares y 20 cúpulas. Es, efectivamente, una sala hipóstila detrás de cuatro fachadas similares en un módulo de 4 x 5. ⁽¹⁾

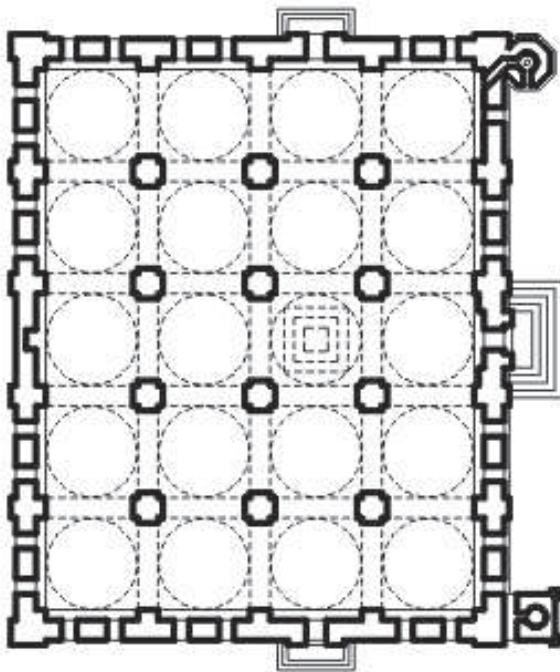


Fig. 2. Ulu Camii, 1396. Planta. (Dibujo del autor)

(1) B. Ünsal. Turkish-Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman Times. 1071-1923. Great Britain. Alec Tirani Ltd. 1970. U.S.A. 1973. (Bibliog. nº 114)

Los tambores de las cúpulas de cada hilera se elevan desde los lados hacia el eje central que une la entrada con el mirahb.

Esta mezquita refleja los principios originales de la fe islámica (2), un muro con un nicho para indicar la dirección de la oración y un número indeterminado de pilares para sostener un techo en expansión infinita. Presenta también un hecho rarísimo cual es la supresión del pórtico.

La fábrica es de piedra y las cúpulas tienen un diámetro interior de 9.00 metros. Las cuatro fachadas que constituyen el prisma son prácticamente iguales, modulados con arcos apenas perceptibles en número de 5 y 4 y una doble fila de ventanas

Los alminares de la fachada principal son los únicos elementos que rompen la horizontalidad del conjunto.

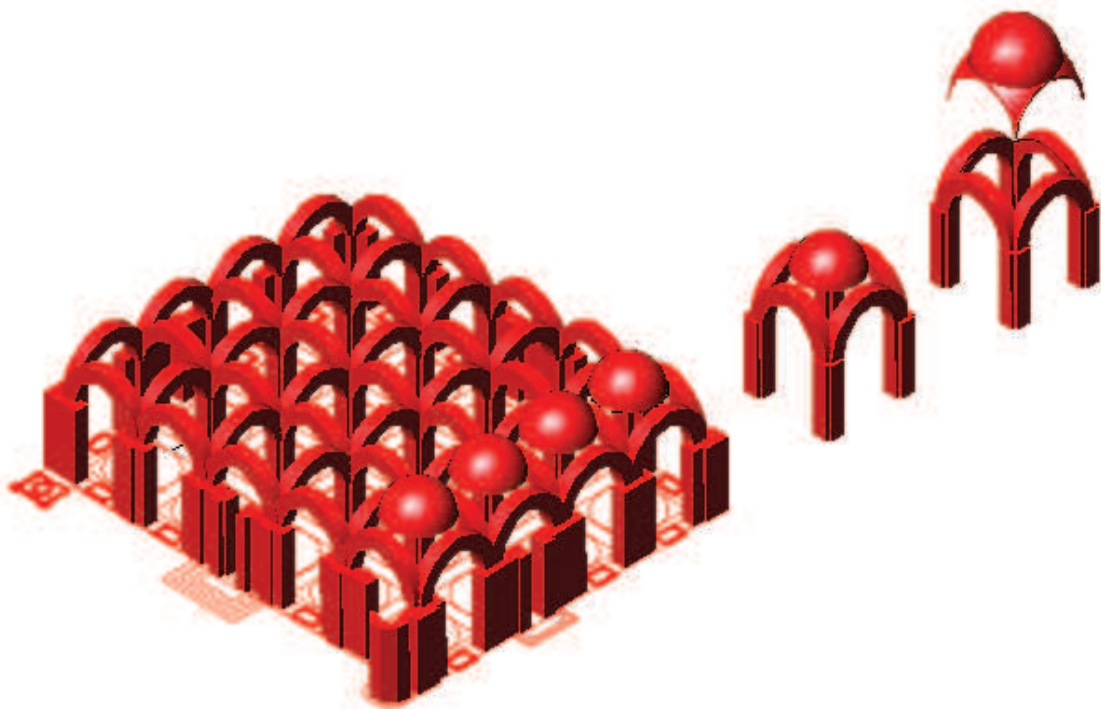


Fig. 3. Ulu Camii, Esquema estructural. (Construcción 3D del autor)

La solución estructural es sencilla; cada cuatro soportes forman un módulo cerrado por arcos ligeramente apuntados sobre los que descansan las correspondientes cúpulas semiesféricas sobre pechinas. Es una estructura ortogonal en damero que puede repetirse hasta el infinito.

(2) Stephane Yerasimos. *Constantinopla, la herencia histórica de Estambul*. ED. Üllman Konemann. P.166 (Bibliog. nº 123)

Los octógonos están calados por pequeñas ventanas en cada uno de sus lados proyectando una luz cenital que envuelve todo el ambiente.

Esta construcción supone un paso adelante en el concepto de pequeña mezquita cupulada como la de Alâüddin en Bursa (1326) ⁽³⁾ y la de Özbek en Iznik (1333) ⁽⁴⁾, de pequeño tamaño y que consisten básicamente en un cubo cubierto con una semiesfera y precedido de un pórtico. La razón es también funcional, Bursa fue la primera capital del Imperio Otomano.

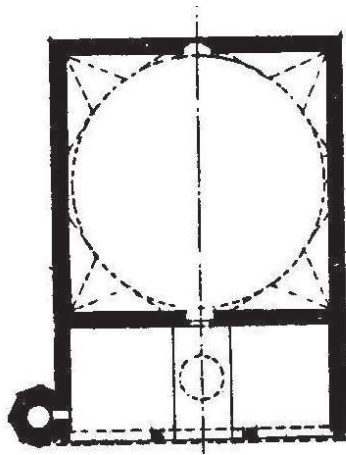


Fig.4. Mezquita de Alâüddin Bursa. (1326)



Fig. 5. Mezquita de Özbek. Iznik (año 1333)

(3) La mezquita de Alâüddin es el arquetipo de mezquita otomana, radicalmente innovadora en relación a las mezquitas selyucidas. Es un edificio cuadrado de 8.00 metros de lado con una única cúpula apoyada sobre los muros directamente mediante los llamados “triángulos turcos”. Está precedido de un patio de tres arcos y su cúpula tiene un diámetro interior de 5.80 metros. La fábrica está constituida por hiladas alternas de piedra y ladrillo.

Stephane Yerasimos. *Constantinople, la herencia histórica de Estambul*. ED. Üllman Konemann. P.158. (Bibliog. nº 123)

Behcet Ünsal. *Turkish Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman Times 1073-1923*. ED.Alec Tirantini / London/ 1970. Pp. 20,21. (Bibliog. nº 114)

(4) La mezquita de Hazi Özbek es un cuadrado de 7.92 metros de lado. La cubierta es una cúpula hemiesférica apoyada en una zona de transición octogonal. Está precedido de un pórtico de tres tramos, siendo los laterales de cañón y de crucería el central. La fábrica la constituyen hiladas de sillares de piedra separados por dos o cuatro hiladas de ladrillos puestos de pie como aparejo general (bizantino). Dentro de cada hilada cada piedra está separada por un ladrillo. Tiene especial interés que la cúpula está cubierta con tejas de terracota moldeadas para cubrir una superficie esférica.

Sheila S. Blair y Johnathan M. Bloom. *Arte y Arquitectura del Islám 1250-1800*. Manuales de Arte Cátedra. ED. Cátedra 1999,p. 206. (Bibliog. nº 12)

Behcet Ünsal. *Turkish Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman Times 1073-1923*. ED.Alec Tirantini / London/ 1970, p.21. (Bibliog. nº 114)

Ambas se podrían calificar como las primeras mezquitas de cúpula única de la arquitectura otomana.

La geometría es rotunda y potente. Desde el exterior destaca su horizontalidad y solamente la distinta altura de las cúpulas le otorga cierto dinamismo.

Las fachadas son sobrias, sin concesiones formales ni decorativas, formadas por planos prácticamente limpios destacando la perfección de la fábrica de mampostería. Al exterior no se aprecia la forma semiesférica de las cúpulas al estar embebidas por el octógono exterior manifestándose, únicamente, un casquete esférico.

La importancia de esta construcción radica en que es un punto de inflexión y la búsqueda de un nuevo camino; la cúpula como elemento fundamental para cubrir el espacio en la sala de oración.



Fig. 6. Ulu Camii, fotografía estado actual.

Volviendo a la solución estructural decir que tanto la geometría como el esquema de reparto de cargas son simétricos en dos planos, pero de forma independiente. Un eje pasaría por la línea de pilares mientras que el otro pasaría por el centro de la línea de vanos, es una solución poco arriesgada.

Cada soporte recibe las cargas de los arcos que sustenta y que son transmitidos por la cúpula de su tramo estando perfectamente compensados estos. Los soportes que forman naves con el muro exterior reciben el apoyo de éste para su equilibrio no habiendo ningún tipo de tirantes auxiliares, quizá debido al contenido tamaño de las cúpulas y al exquisito esquema geométrico de la planta.

No se está hablando aquí de grandes planteamientos y mucho menos de soluciones estructurales complejas, se recurre a una solución lo suficientemente estudiada y contrastada.

A pesar de la convincente monumentalidad la mezquita de múltiples cúpulas resultó ser un “modelo de partida” (que fue perdiendo importancia), sujeto a la tendencia -ya instituida a principio de la época otomana- de la unificación de la estancia y de la representativa arquitectura de la cúpula.

8.2. ESKI CAMII. Edirne 1414.



Fig. 7. Eski Camii, fotografía estado actual.

La presente mezquita (5) dibuja un cuadrado perfecto de 45.66 metros de lado dividido a su vez en 9 cuadrados iguales unidos entre sí y a los muros laterales por arcos mitrales.

El diámetro interior de las cúpulas es de 13.50 metros, viéndose aquí un avance estructural en cuanto a la solución de luz mas aquilatada que en la Ulu Camii de Bursa.

En busca del dinamismo y, quizá, de enmarcar aún más una dirección, la hilera de las tres cúpulas situadas en el eje del mirahb es más alta que la de las cúpulas laterales. La absoluta simetría de la sala de oración se rompe en altura (al igual que en la Ulu Camii) por la distinta elevación de los tambores en la hilera central de las cúpulas.

(5) Behcet Ünsal. *Turkish Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman Times 1073-1923*. ED. Alec Tirantini / London/ 1970, p.21. (Bibliog. nº 114)

La visión de las cúpulas al exterior es similar a las de Ulu camii; casquetes absorbidos por los tambores.

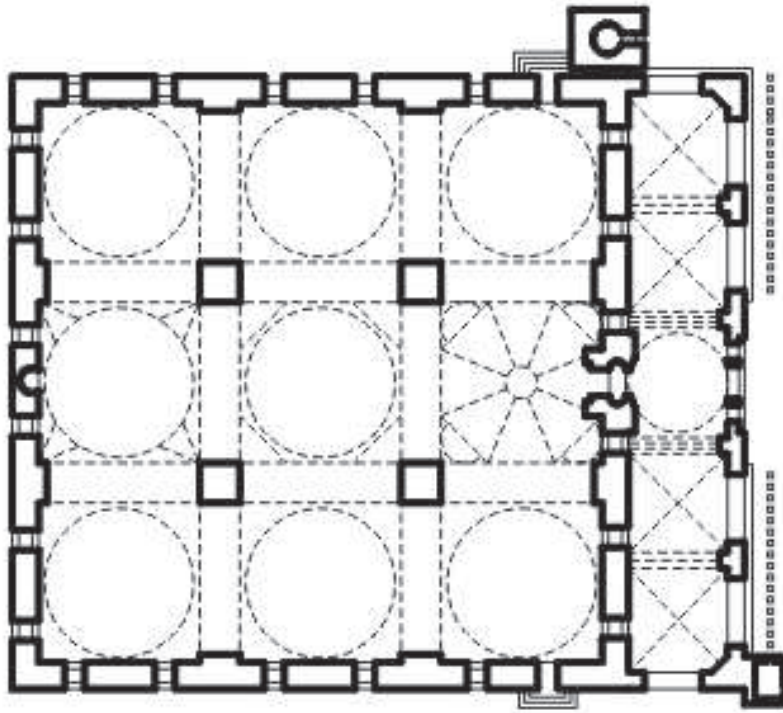


Fig. 8. Eski Camii, 1414. Planta. (Dibujo del autor)

El edificio está precedido de un pórtico comprendido entre la prolongación de los muros laterales, con cuatro columnas bizantinas de las que actualmente solo queda la base. La mampostería muy irregular de piedra y ladrillo no sugiere una factura bizantina.

Estructuralmente la solución no varía de lo habitual en mezquitas hipóstilas, los potentes pilares soportan las cargas de los arcos que reciben de las cúpulas y transmiten en pechinas, nada nuevo ciertamente. Sin embargo aquí la simetría en planta es absoluta, con el centro en la proyección de la cúpula central.

En la figura 9 se puede apreciar las semejanzas de las dos mezquitas anteriores a la misma escala. Se aprecia la más perfecta forma regular y la geometría exquisita de la Eski Camii aunque rota parcialmente por la clara incorporación del pórtico como prolongación de la propia mezquita. Destacar de nuevo la ausencia de patio o pórtico en la Ulu Camii.

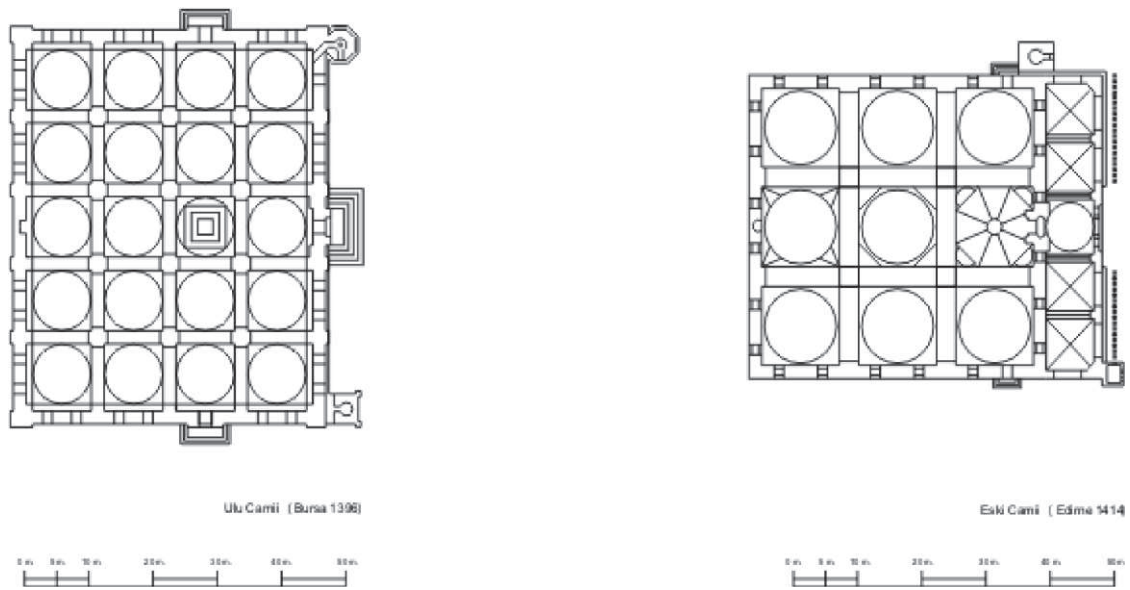


Fig. 9. Comparativa Ulu Camii-Eski Camii, Plantas a misma escala. (Dibujo del autor).

8.3. Uç SEREFELI. Edirne 1438 – 1447



Fig. 10. Uç Serefeli Camii, fotografía estado actual.

La mezquita de Uç Serefeli construida por Murad II en Edirne, la segunda capital del Imperio Otomano, presenta importantes avances técnicos (6). Por primera vez aparece una sala de oración rectangular y un pórtico peristilo. La parte central de la sala de oración está cubierta por una cúpula sobre un hexágono y dos cúpulas a cada lado largo del rectángulo.

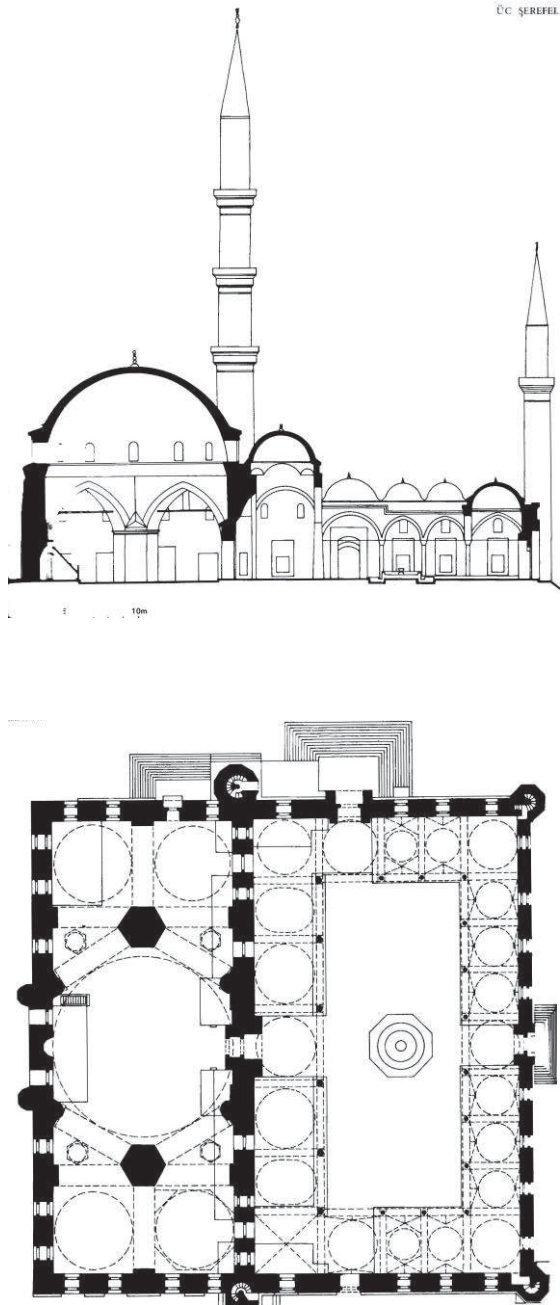


Fig. 11. Uç Serefeli. Planta y sección longitudinal. (Planta dibujo del autor).

(6) Behcet Ünsal. *Turkish Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman Times 1073-1923*. ED. Alec Tirantini / London/ 1970, p.24. (Bibliog. nº 114)

Sheila S. Blair y Johnathan M. Bloom. *Arte y Arquitectura del Islám 1250-1800*. Manuales de Arte Cátedra. ED. Cátedra 1999, p. 219. (Bibliog. nº 12)

Esta planta fue el prototipo de las mezquitas de los sultanes, en esto y en su innovación técnica radica su importancia.

Esta mezquita se halla en la encrucijada de la arquitectura otomana: es la culminación de los experimentos espaciales de los beylicatos y la primitiva otomana, y muchos de sus rasgos nuevos continuaran en la arquitectura otomana posterior a mayor escala y de forma más coherente a partir de la toma de Constantinopla.

Con Uç Serefeli ("tres balcones", llamada así por las tres galerías para almuédanos que tiene el minarete del suroeste, el más alto hasta el momento con 67.65 metros) comenzó en la arquitectura otomana la carrera hacia la cúpula más grande posible. Este tipo de cubierta se impuso como resultado de una influencia más iraní (persa) que bizantina.

La mezquita es un edificio cuadrado de 66.50 x 64.50 metros (incluido el patio). La sala de oración está dominada por una enorme cúpula de ladrillo de 24.10 metros de diámetro interior con un cinturón de mampostería en su base y que cubre más de la mitad del espacio interior. (7).

Al norte y al sur la sostienen los muros exteriores y al este y oeste unos macizos pilares hexagonales cuya base está inscrita en una circunferencia de diámetro 6.30 metros, dándonos una idea de su contundencia. Los contrafuertes en arco son los primeros de la arquitectura otomana.

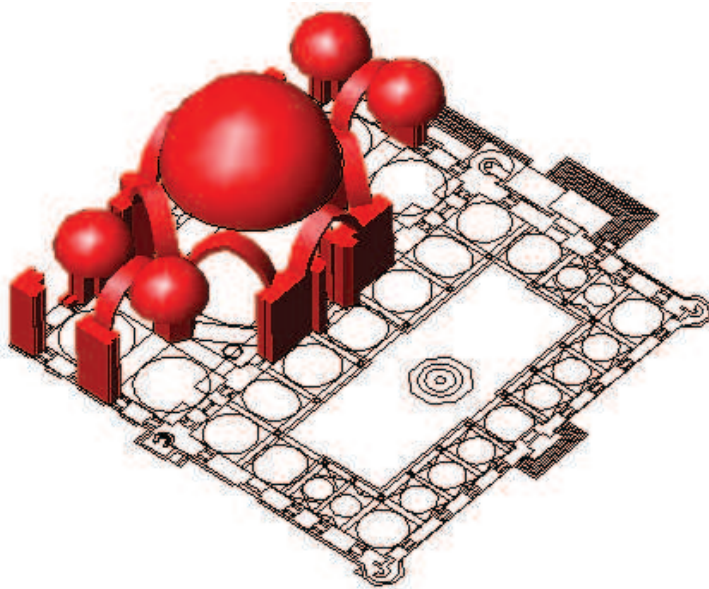


Fig. 12. Uç Serefeli, esquema estructural. (Construcción 3D del autor)

(7) Sheila S. Blair y Johnathan M. Bloom. *Arte y Arquitectura del Islám 1250-1800*. Manuales de Arte Cátedra. ED. Cátedra 1999,p. 219. (Bibliog. nº 12)

Stephane Yerasimos. *Constantinopla, la herencia histórica de Estambul*. ED. Üllman Konemann. P.193 (Bibliog. nº 123)

El exterior es una cascada de cúpulas que desciende desde la cúpula central hasta las que cubren las arcadas del patio. Dicha cascada es interrumpida por las diminutas cúpulas que se acurrucan al abrigo de la cúpula principal y por la desigual altura de las cúpulas que cubren las mencionadas arcadas .

El pórtico está constituido por siete secciones también cupuladas y tiene cuatro minaretes, dos a las esquinas del peristilo y otras dos al arranque de la sala de oración, siendo el mayor de ellos de 5.00 metros de diámetro en su base y de 67.65 metros de altura, sólo superado por el de la mezquita de Selimiye de Sinán.

El edificio está realizado unitariamente con piedra de sillería de caliza.

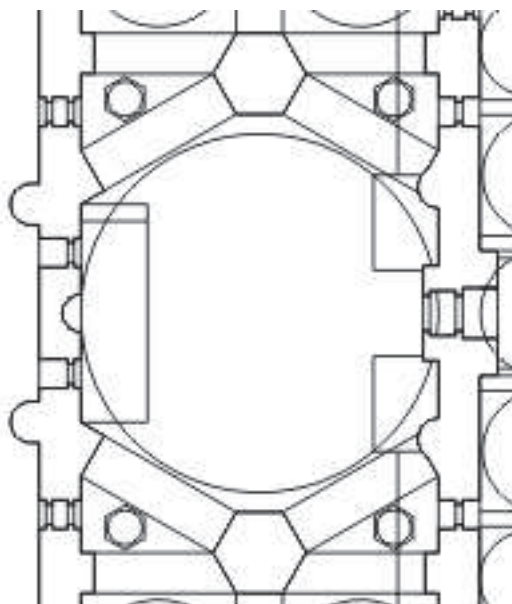


Fig. 13. Uç Serefeli, Planta de la parte de la cúpula central. (dibujo del autor)

En el dibujo de la figura 13 se aprecia como la cúpula principal descansa en un hexágono de arcos, que aunque aparentemente se ayudan de los soportes, también hexagonales, no puede escaparse que en los muros laterales de la sala de oración hay incrustados “contrafuertes” para cerrar el perímetro de la estructura de arcos. Esta es una solución válida y eficaz estructuralmente.

Formalmente podemos criticar que la unidad y permeabilidad visual de la sala de oración se ve interrumpida por los dos soportes hexagonales. Pero como ha sido referido anteriormente esta mezquita representa un punto de inflexión.

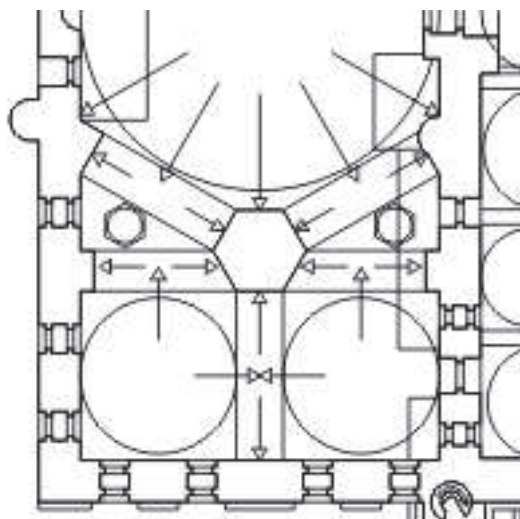


Fig. 14. Uç Serefeli, Planta de la parte de las cúpulas laterales. Esquema básico de transmisión de cargas. (Dibujo del autor)

Las cúpulas de apoyo de 10.48 metros de diámetro interior cierran los dos tramos laterales de la estructura. Se observa también el entramado de potentes arcos con una media de 2.50 metros de espesor que son los elementos sobre los que en mayor medida se transmiten las cargas y, por supuesto, la función de los soportes.

Es un esquema perfectamente válido y funcional, arriesgado en tanto en cuanto que el diámetro de la cúpula central empieza a ser importante y desde luego pionero en la arquitectura otomana, por eso no hay que perder de vista esta mezquita en el devenir de posteriores soluciones.

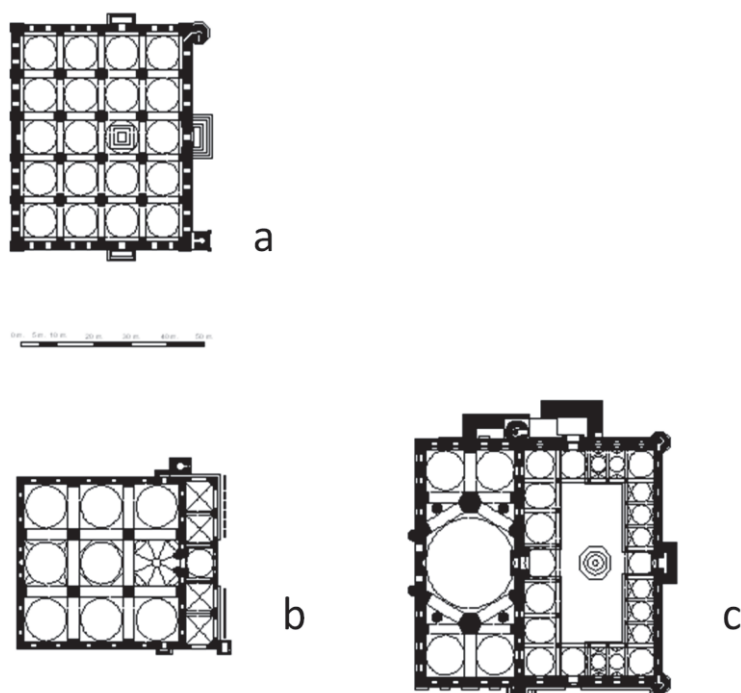


Fig 15. Comparativa Ulu Camii-Eski Camii- Uç Serefeli .Plantas misma escala. (Dibujo del autor)

8.4. MEZQUITA DE MEHMET II (Fatih Camii) Estambul 1470

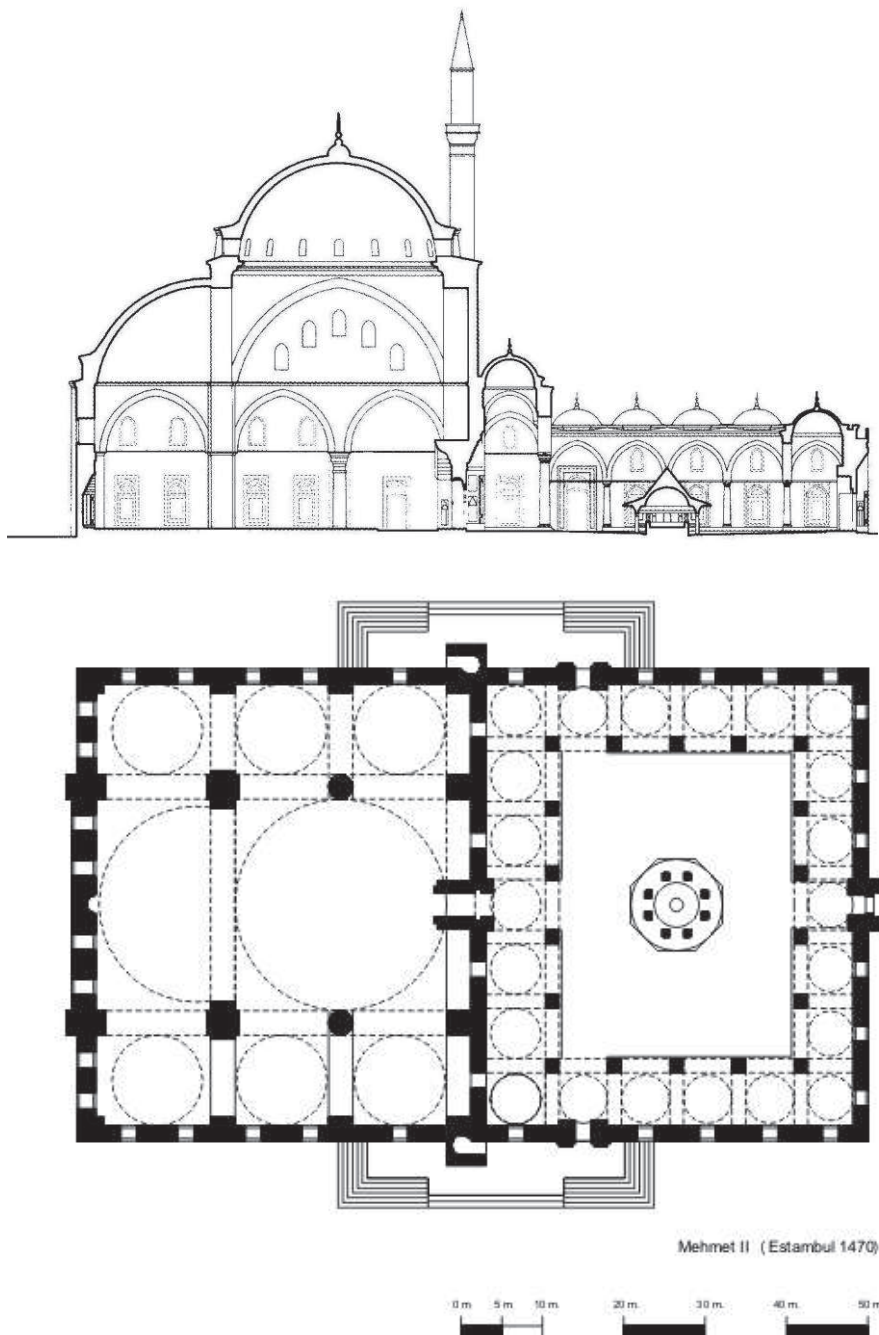


Fig. 16. Fatih Mehmet Camii. Planta (original) y sección longitudinal. (Dibujo del autor)

La Mezquita Imperial llamada Fatih, aprobada en 1459 iniciada en enero - febrero de 1463 y finalizada en diciembre de 1470 – enero de 1471 se inscribió con osadía en la carrera en busca de la mayor cúpula iniciada con la de Uç Serefeli poco antes. Aunque gran parte del conjunto fue destruido en el terremoto de 1766 fue reedificado por Mustafá III durante los siguientes 5 años.



Fig. 17. Fatih Mehmet Camii. Fotografía de la reconstrucción de 1771 (periodo barroco)

Es evidente que al estar ya en el periodo barroco la reconstrucción formal no hace justicia al planteamiento original.

La mezquita (8) era una estructura rectangular de 46.00 x 33.00 metros precedida de un patio abierto de 21.00 x 30.50 metros rodeado de arcadas. Los muros exteriores, dos macizos pilares y dos enormes columnas sostenían una cúpula central de unos 26.00 metros de diámetro a 28.50 metros de altura con una semicúpula del mismo diámetro sobre el mirahb y tres cúpulas más pequeñas dispuestas en línea a cada lado.

La planta es una secuela lógica de la mezquita de Uç Serefeli.

El pórtico principal de la mezquita Fatih es una copia, casi literal, de la de Uç Serefeli. Las principales diferencias es que aquí la cúpula se apoya sobre cuatro puntos en vez de sobre seis. La fábrica es de mampostería de piedra (siempre teniendo en cuenta la época en que se reconstruyó)

La utilización de una semicúpula, que sería el centro fundamental en la experimentación espacial en el diseño de mezquitas en el curso del siglo siguiente se inspiró sin duda en el ejemplo de Santa Sofía, que se hallaba ante los ojos del arquitecto.

El edificio aparentemente de planta centrada por la rotundidad de la cúpula tiene carácter de planta basilical de tres naves, al igual que Santa Sofía, se puede apreciar una nave central cubierta con cúpula y semicúpula flanqueada

(8) Stephane Yerasimos. *Constantinopla, la herencia histórica de Estambul*. ED. Üllman Konemann. P.213 (Bibliog. nº 123)

Sheila S. Blair y Johnathan M. Bloom. *Arte y Arquitectura del Islám 1250-1800*. Manuales de Arte Cátedra. ED. Cátedra 1999, pp.316,317 (Bibliog. nº 12)

por dos naves laterales de menor altura y cubierta con hileras de cúpulas. ¿Nos encontramos ya con una clara referencia a Santa Sofía? La respuesta puede ser afirmativa por cuanto estamos ya en una Constantinopla conquistada. No hay que olvidar, además, que el propio Mehmet II El Conquistador (Fatih) mostró su admiración por la iglesia bizantina. (9).

Las cúpulas de las naves laterales tienen un diámetro de 11.00 metros, solo un poco mayores a las de Uç Serefeli (10.48 metros) y los soportes, del arco que comparten la cúpula principal y la semicúpula son de 3.50 metros de lado, algo más de la mitad de Uç Serefeli (6.30 metros de diámetro). Encontramos claramente una evolución, tanto constructiva como estructural. No es aún una planta centrada como las que realizará el gran Sinán, pero la cúpula central que va creciendo en importancia empezará a reforzar ese concepto de unicidad y centralización.

Los muros también adelgazan teniendo una media de unos 2.00 metros. Hay que destacar los dos contrafuertes embutidos en el muro que separa la sala de oración y el patio y que sirve para soportar la cúpula junto a los soportes referidos anteriormente. En cualquier caso la cúpula está inscrita en un cuadrado con cuatro soportes en las esquinas y dos soportes menores en los lados de las galerías.

El arco diafragma de las cúpulas principales tiene un espesor de 3.00 metros.

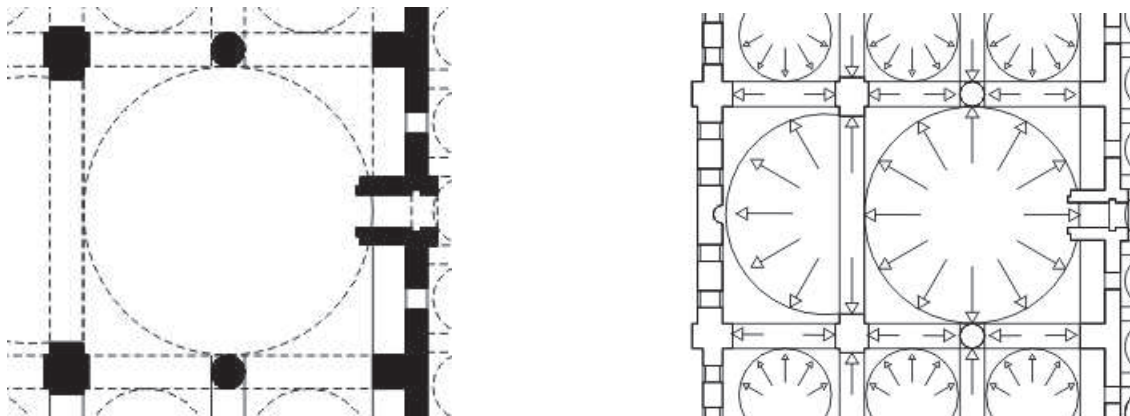


Fig. 18. Fatih Mehmet. Detalle de la proyección de la cúpula principal y esquema básico de transmisión de cargas. (Dibujo del autor).

(9) Emilio Cabrera. *Historia de Bizancio*. ED. Ariel. Barcelona 1998. P. 301 (Bibliog. nº 17)

Miguel Cortés Arrese. *Memoria e invención de Bizancio*. ED. Nausícaä. 2008. Pp. 57, 124, 125 (Bibliog. nº 26)

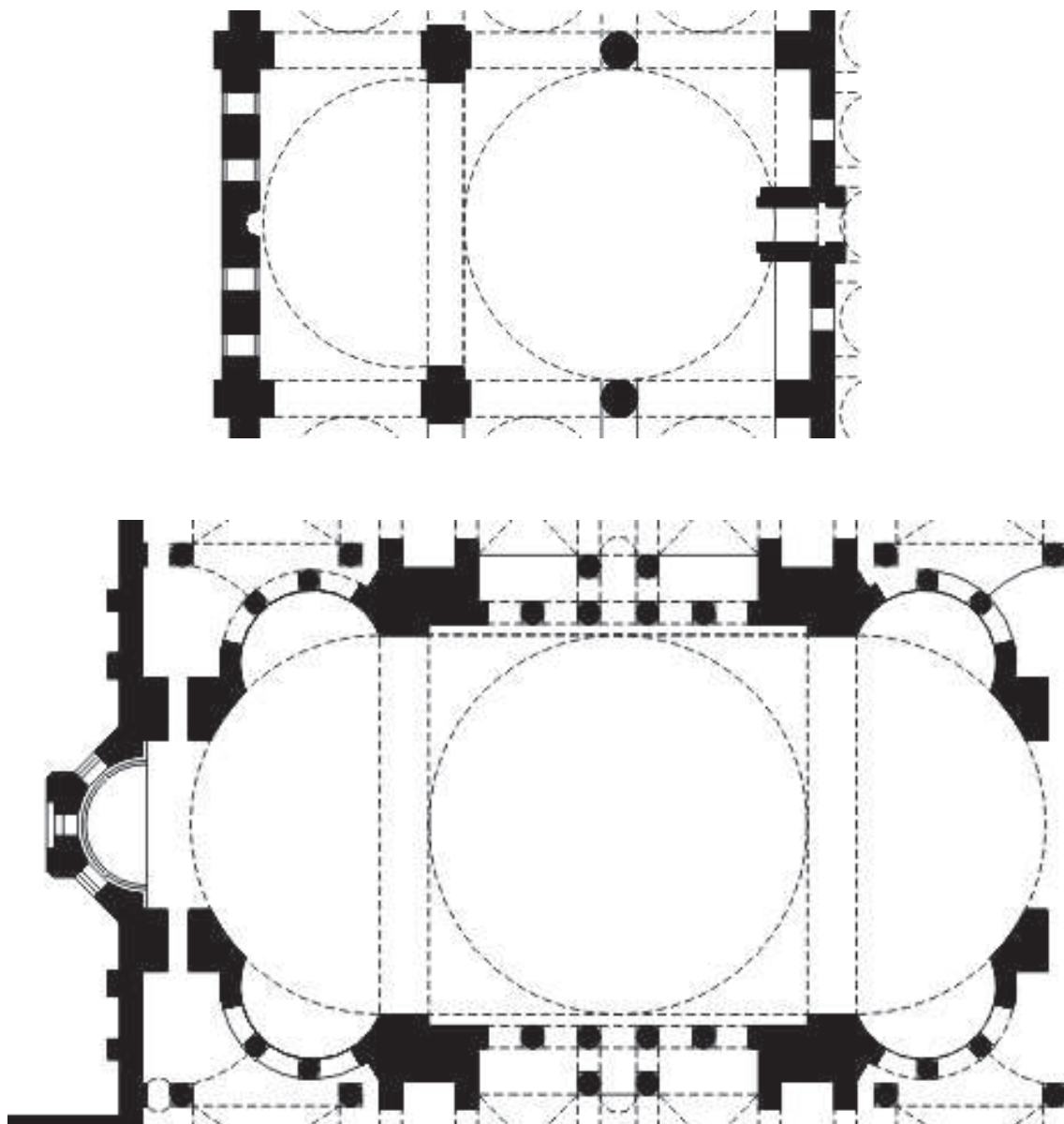


Fig. 19. Comparativa a la misma escala de la parte de la nave central de Fatih Camii y Santa Sofía. (Dibujo del autor)

Se ve ya la cierta similitud formal entre ambos edificios, sólo rota por la falta de simetría en la cúpula de la qibla de la mezquita de Mehmet, pero por lo demás en el sistema de soportes, las naves laterales, etc., si se nota la posible obra inspiradora y la inspirada pero en este caso con la cronología cambiada ya que entre ambos hay casi diez siglos de diferencia, siendo la inspiradora no superada diez siglos después.

En cualquier caso nos encontramos con un intento, si bien no solucionado plenamente, de centralizar el espacio. La cúpula de la Fatih se ayuda de dos soportes circulares en los lados de las naves laterales, con lo cual evita el problema del empuje a un arco completo como lo hace en cabeza. Es evidente

que una cúpula circular ejerce empuje en todo el perímetro de su base, con lo que parece lo más correcto estructuralmente buscar una simetría formal para afrontar el problema de los empujes de la misma. En cualquier caso como ya se ha referido anteriormente se está en “un camino a”; un camino que nos llevará a las estructuras del gran Sinan.

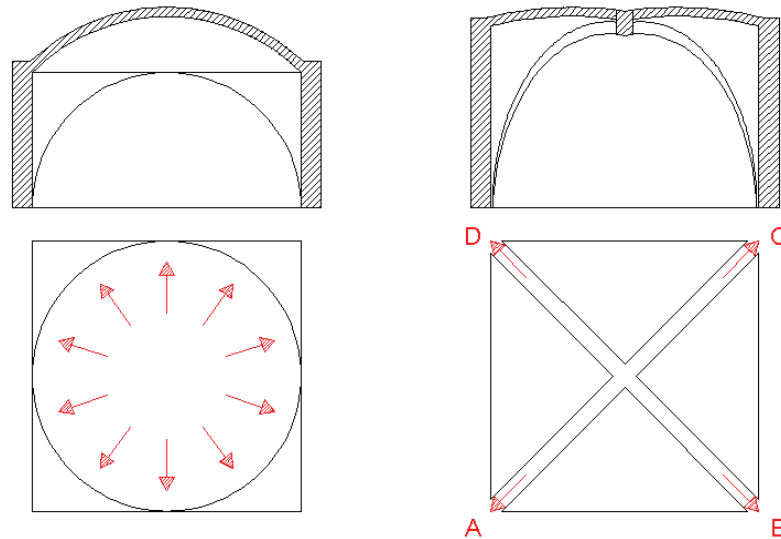


Fig.20. Empujes en bóveda semiesférica y nervada. (Dibujo del autor).

8.5. MEZQUITA DE BAYACETO II Estambul 1506



Fig. 21. Mezquita Bayaceto II, fotografía estado actual.

La mezquita de Bayaceto II comenzada en 1500 y terminada en 1506 (10) continúa el camino abierto por la de Mehmet II treinta años antes.

Aquí la cúpula no acusa la inestabilidad derivada del apoyo de una sola semicúpula en la parte de la quibla, sino que está equilibrada por una segunda semicúpula en la parte del acceso a la sala de oración. También se apoya en cuatro pilares que crean cuatro pequeñas cúpulas laterales a cada lado de la principal. Ello conduce a una planta simétrica norte- sur inscrita en un cuadrado perfecto de 37.00 metros de lado.

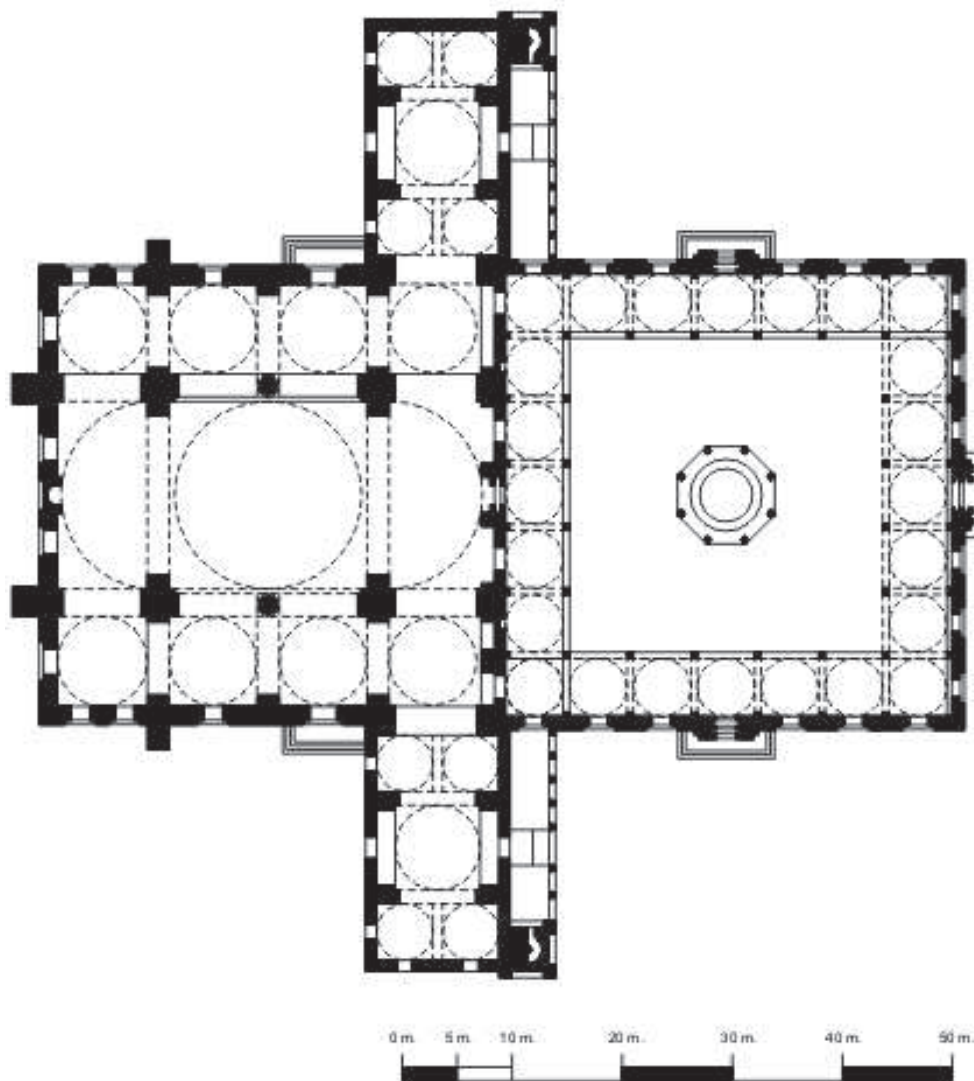


Fig. 22. Mezquita Bayaceto II. Planta. (Dibujo del autor)

(10) Stephane Yerasimos. *Constantinopla, la herencia histórica de Estambul*. ED. Üllman Konemann. Pp.246 – 248. (Bibliog. nº 123)

Sheila S. Blair y Jonathan M. Bloom. *Arte y Arquitectura del Islám 1250-1800*. Manuales de Arte Cátedra. ED. Cátedra 1999, pp.317,318 (Bibliog. nº 12)

Los arquitectos de esta mezquita fueron extremadamente prudentes ya que el diámetro de la cúpula no excede los 17.00 metros de diámetro, 9.00 metros más pequeña que la de Fatih, pese a tener un sistema de contrarresto más correcto y equilibrado.

Cabe preguntarse por qué Bayaceto II, que había construido algunos años antes en Edirne (1484 – 1488) una mezquita cuya cúpula apoyada simplemente sobre un cubo sobrepasaba sin esfuerzo los 20.00 metros de diámetro, adoptó aquí tantas precauciones. La respuesta a esta paradoja hay que buscarla sin duda en Santa Sofía, en sus semicúpulas.

El ampliado papel de las semicúpulas se deriva pues de los ejemplos de Santa Sofía y de Fatih Camii. Los arquitectos otomanos se aferraban claramente a la interpretación creativa de los edificios anteriores, de principios del siglo XVI.

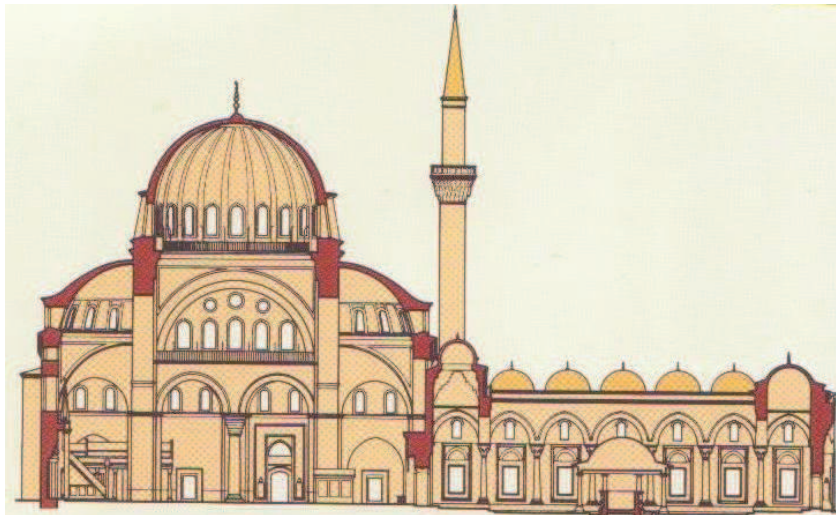


Fig. 23. Mezquita Bayaceto II. Sección longitudinal . (Yerasimos)

Al cuadrado de la sala de oración, en el que se inscribe el formado por los cuatro pilares, le da réplica el cuadrado del patio de idénticas proporciones. Los soportes principales se muestran mucho más esbeltos al reducir considerablemente su sección, siendo de 2.00 x 2.00 metros, incluso el espesor del muro decrece hasta una media de 1.70 metros.

En el muro de la quibla aparecen, como en ocasiones precedentes, dos potentes contrafuertes al exterior con un grosor de 1.65 metros que refuerzan el muro, contribuyendo a aliviar las sollicitaciones que transmite su semicúpula. Estos contrafuertes también están presentes en los muros laterales como prolongación del cuadrado circunscrito a la proyección de la cúpula central.

La cascada de cúpulas que baja desde la mezquita al patio muestra un sentido integrador mucho mayor que la mezquita Fatih, además la construcción en

piedra, bellamente acabada, será típica de todas las mezquitas imperiales posteriores de la capital.

Se empieza a atisbar un camino marcado por dos aspectos: el primero es la búsqueda de un espacio centralizado en base a una cúpula principal, iniciado en Uç Serefeli y otro claramente inspirado en la gran iglesia de Santa Sofía. Estos dos caminos van cambiando de forma evolutiva los modos de hacer de la arquitectura otomana.

Este proceso cristaliza definitivamente con el llamado “príncipe de las artes” (11) de la cultura otomana; el maestro Sinán, Mimar Sinán (el gran Sinán).

Volviendo a estas dos últimas mezquitas, las influencias que emanan de Santa Sofía se ven claramente en el sistema estructural y de contrarrestos que derivan unas de otras. Se va consolidando el sistema de cúpulas como herramienta de contrarresto. Como ha sido explicitado a lo largo del presente estudio, el arte bizantino tiene en la bóveda su elemento principal, todas las circunstancias de la construcción derivan de la naturaleza de la bóveda, a diferencia de los sistemas anteriores utilizados por los romanos, basado en el monolitismo de sus estructuras. Este principio bizantino lo recogen los arquitectos otomanos en la realización de sus mezquitas.

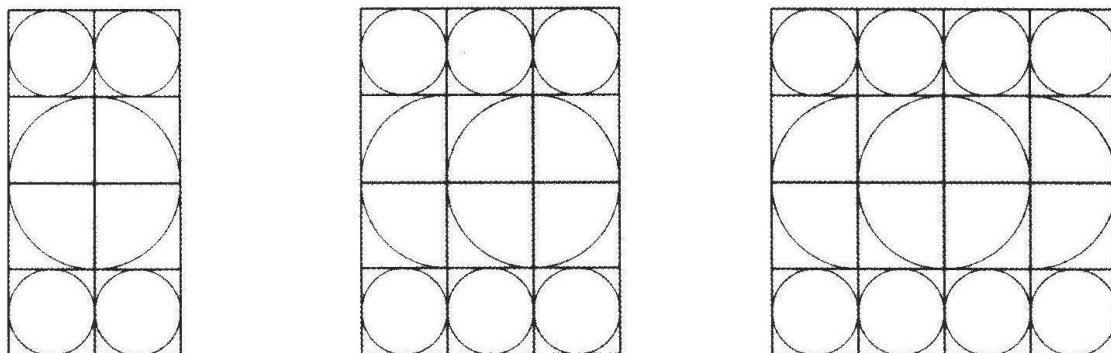


Fig. 24. Evolución modular de las plantas de Uç Serefeli, Fatih Camii y mezquita de Bayaceto II. (Dibujo del autor).

(11). Aptullah Kuran. *Sinán. El maestro de la arquitectura otomana*. ED. Universidad de Granada 1997. (op.ct). (Bibliog. nº 73)

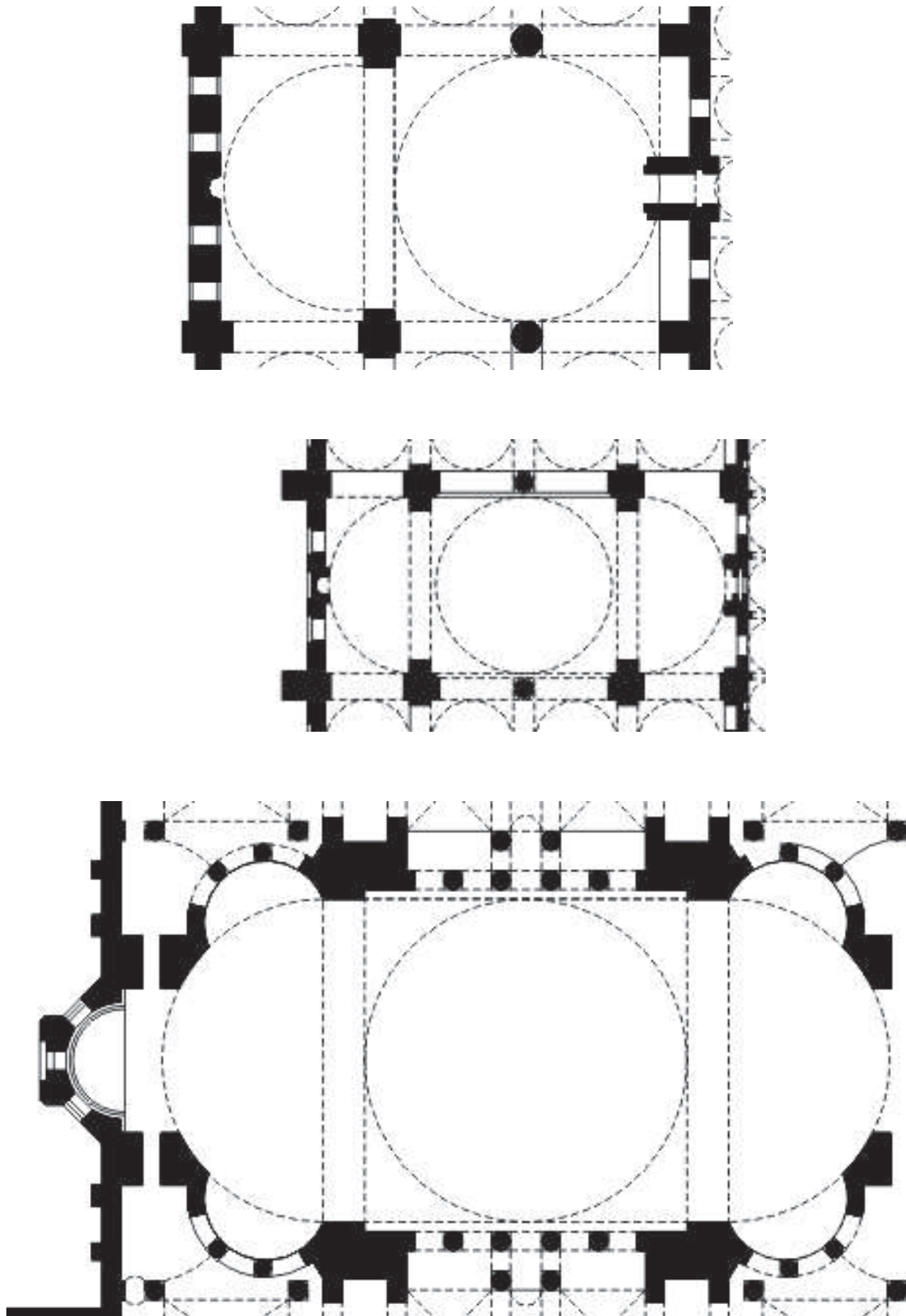


Fig. 25. Comparativa a la misma escala de la parte de la nave central de Fatih Camii, mezquita de Bayaceto II y Santa Sofía. (Dibujo del autor)

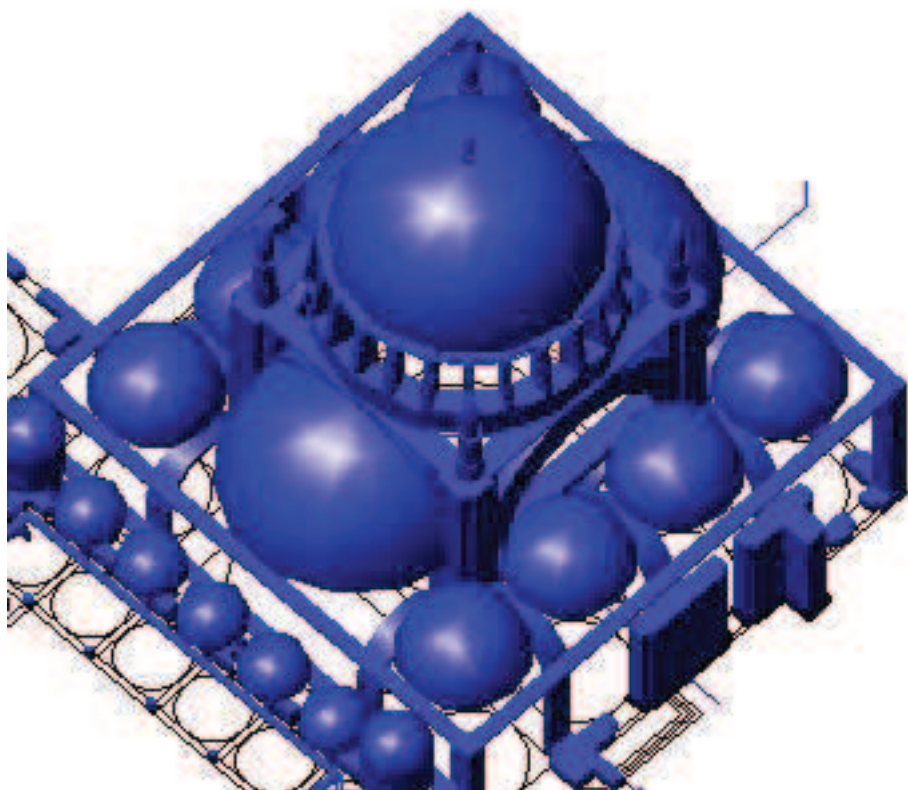


Fig. 26. Mezquita de Bayaceto II, sala de oración. (Construcción 3D del autor)

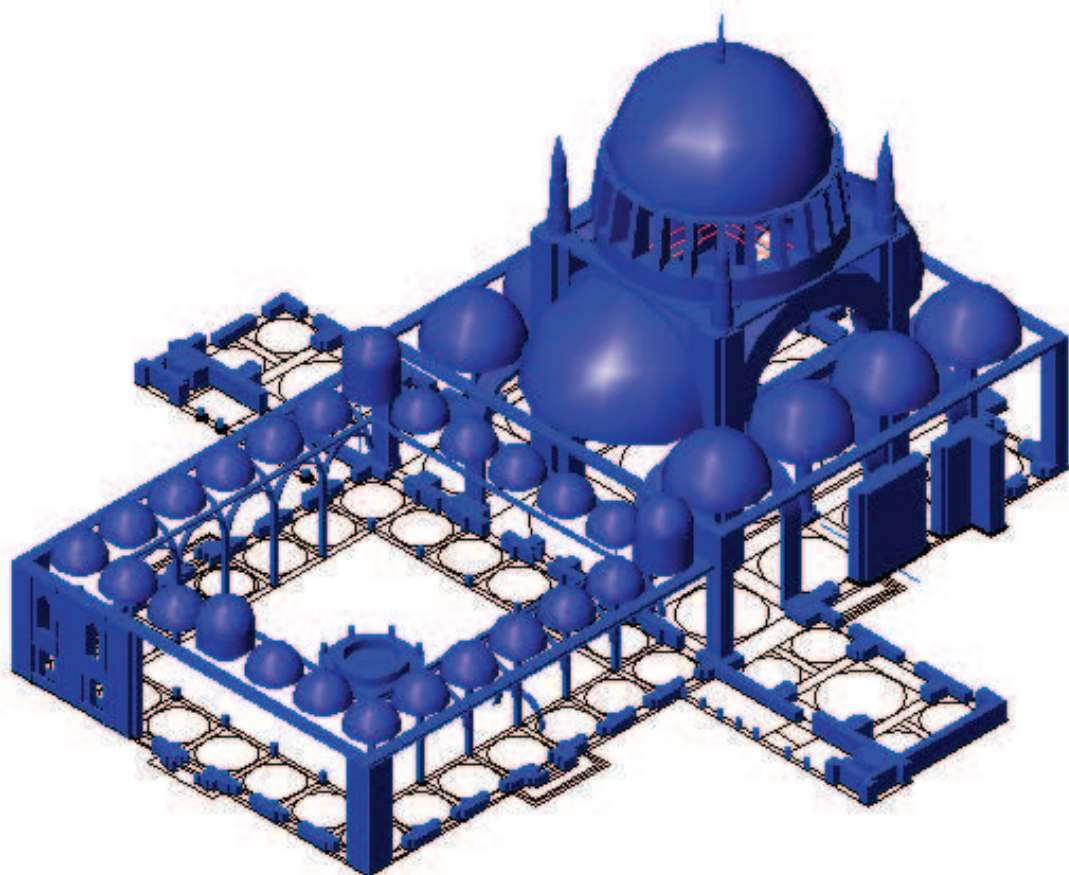


Fig. 27. Mezquita de Bayaceto II, esquema general. (Construcción 3D del autor)

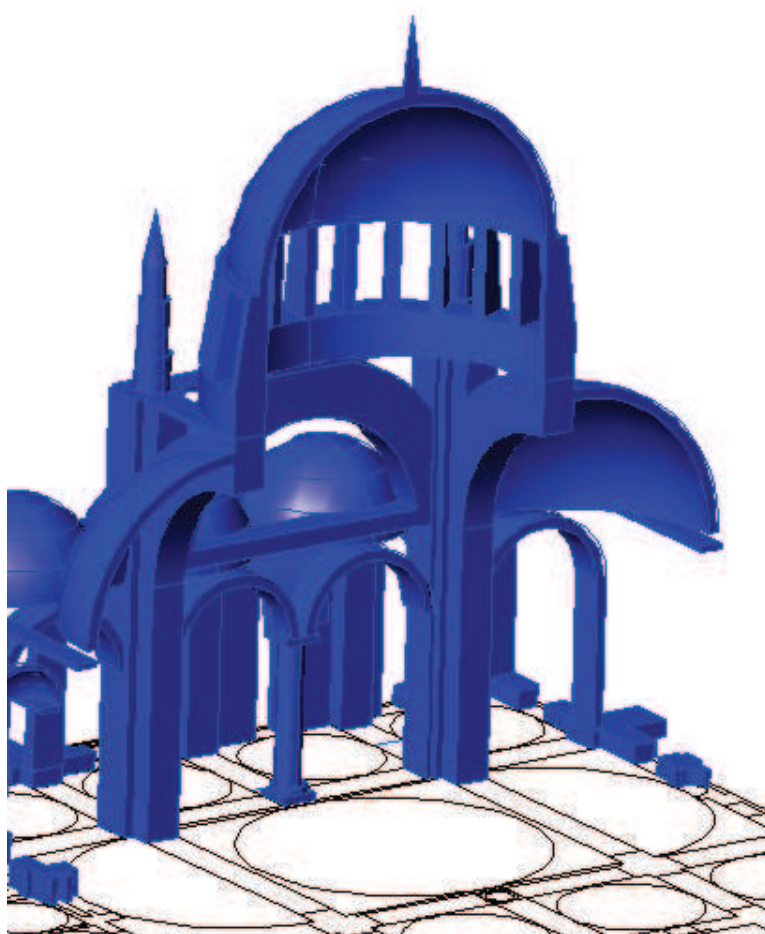


Fig. 28. Mezquita de Bayaceto II, sección longitudinal. (Construcción 3D del autor)

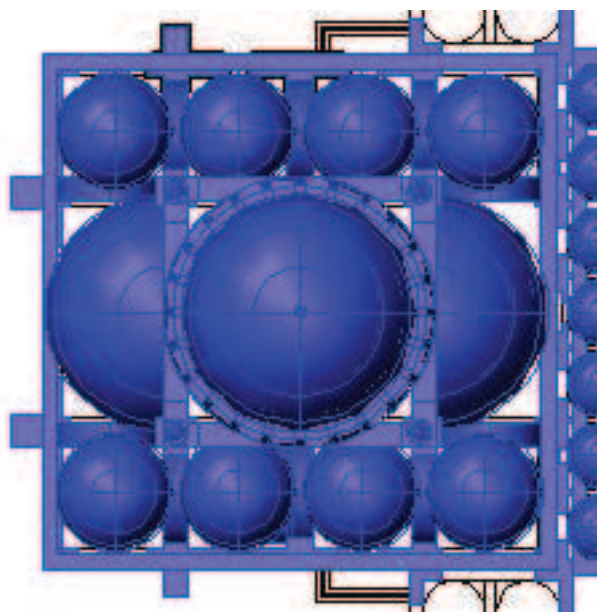


Fig. 29. Mezquita de Bayaceto II. Sala de oración, esquema de cúpulas. (Construcción 3D del autor)



Fig. 30. Mezquita de Bayaceto II. Sala de oración. (Fotografías del autor)

En estas imágenes se observan las pechinas que transmiten carga de la cúpula a los soportes centrales, así como el tímpano sobre dos arcos ligeramente apuntados que descargan en una columna circular. Dicho tímpano está perforado por ventanas para iluminar la sala de oración, hecho similar a Santa Sofía.

El arco toral sobre el que apoya la cúpula central y una de las semibóvedas del eje longitudinal también incorpora las pechinas.

Esbozado ya el camino conductor, y antes de entrar en consideraciones con las obras de Mimar Sinán, se vuelve a los dos edificios con los que se comenzó y que presentaban similares características formales y estructurales: un damero de soportes con cúpulas hemisféricas en sus intersecciones y ambas de los albores del siglo XV. La Ulu Camii y la Eski Camii. Si se realiza un análisis geométrico comparativo se llega a la conclusión de su analogía y su relación.

Se ve la más perfecta geometría de la Eski Camii al estar constituida por un cuadrado perfecto (sin incluir el pórtico) en módulo de 3x3, mientras que la Ulu Camii lo está en un módulo rectangular de 4x5. La composición de la segunda sería perfectamente cuadrada sin embargo con la inclusión de un pórtico, que como se comenta en su momento es un raro hecho la no inclusión de este.

En cualquier caso sería un tema de reflexión aparte esta cuestión, la de la incorporación o no del pórtico como instrumento geométrico más que funcional. En siguientes figuras 31 y 32 se observa un esquema posible con la incorporación del pórtico para la Ulu Camii que tendría una planta perfectamente cuadrada. El tamaño de las cúpulas aumenta en la Eski Camii como un claro proceso de la evolución de las estructuras.

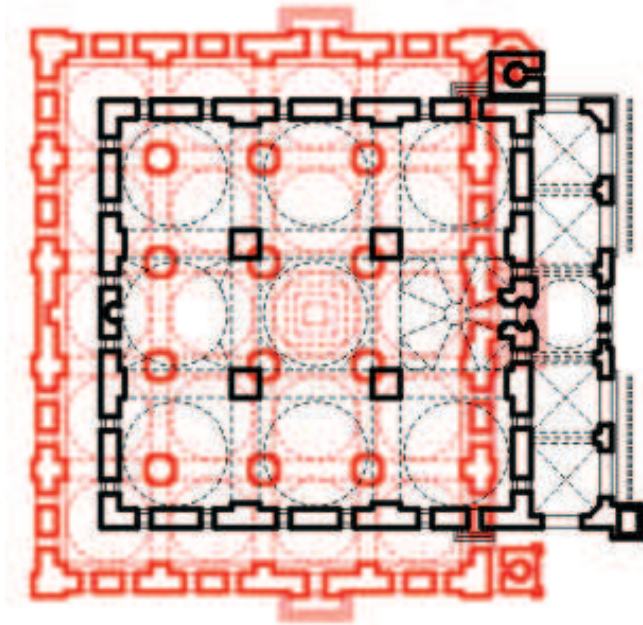


Fig. 31. Comparativa geométrica de las plantas: Ulu Camii (negro) Eski Camii (rojo). (Dibujo del autor)

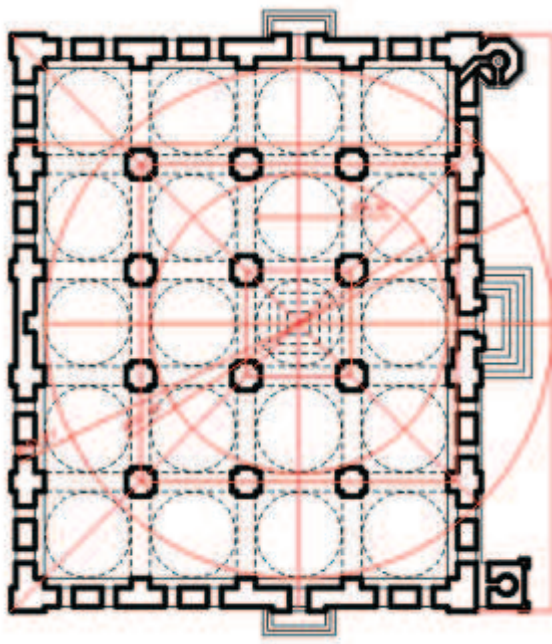


Fig. 32. Ulu Camii. Esquema geométrico para la posible inclusión del pórtico (Dibujo del autor)

Hechos formales aparte es de consideración el comentario sobre el elemento que en pequeña medida sirve para zunchar a modo de cinturón la base de las cúpulas. No se trata en ningún caso de la “trampa” realizada en las cúpulas del Renacimiento con los grandes tambores como elemento fundamental e imprescindible de la estabilidad de sus cúpulas. Son octógonos que refuerzan la base y permiten calar ésta con ventanas.

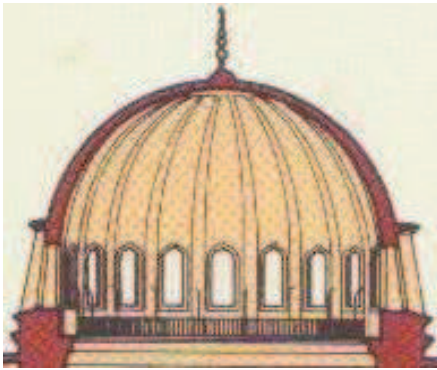


Fig. 33. Mezquita de Bayaceto II, “cinturón en la base de la cúpula”.(Yerasimos).



Fig. 34. Ulu Camii. Esquema: cúpula-octógono-pechinas-soportes. (Construcción 3D del autor)

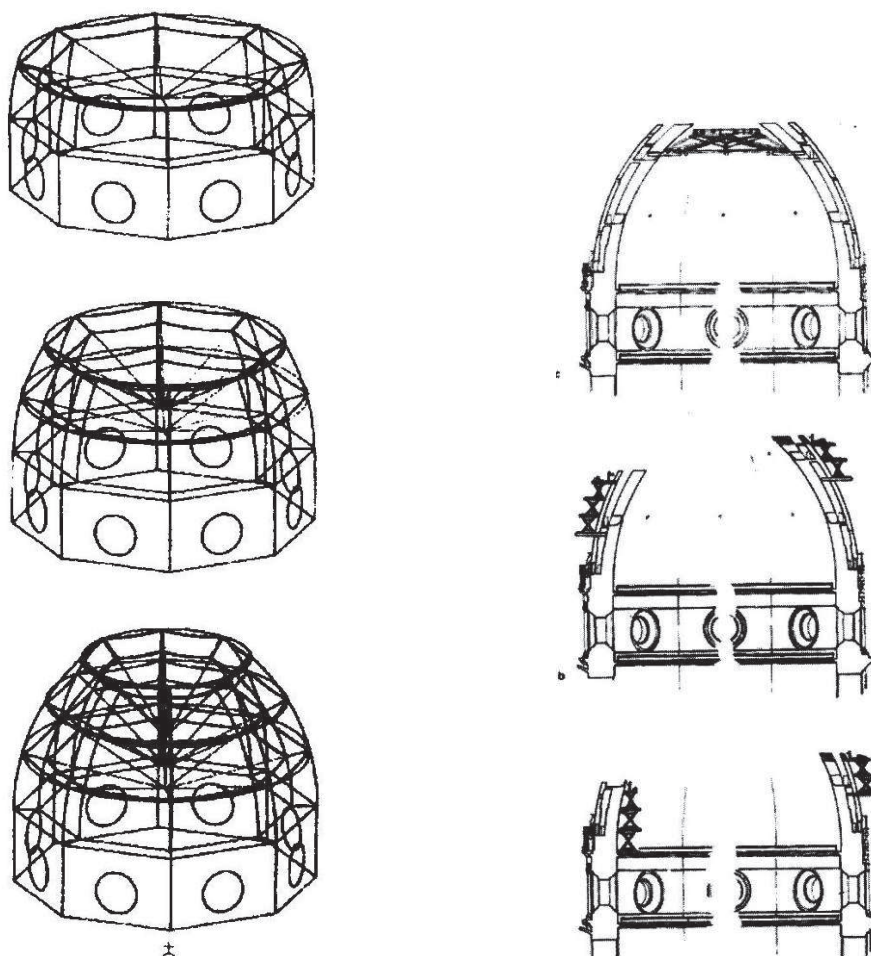


Fig. 35. Cúpula de Santa María in Fiore de Brunelleschi. Esquema del tambor y arranque de la cúpula. (12).

Aunque esto sea un punto y aparte en el mismo tema, (aunque en otro contexto histórico y cultural) no olvidemos que estamos hablando de edificios contemporáneos, ya que la cúpula de la Catedral de Florencia es una obra de 1420-1445. Nótese que se está hablando de que sólo la cúpula le llevo a Brunelleschi cerca de 25 años, esto es cinco veces más tiempo de construcción que una mezquita otomana de la misma época íntegramente. ¿Destaca aquí la eficiencia de los métodos otomanos sobre los renacentistas?, es una respuesta arriesgada pero a tenor de lo constatado la respuesta es evidente. No sólo eso, casi mil años antes Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto consiguieron llevar a cabo el milagro de levantar Santa Sofía en tan sólo cinco años...

(12). Félix Escrig Pallarés. *Las grandes estructuras del Renacimiento y el Barroco*. ED. Universidad de Sevilla 2002. P 25. (Bibliog. nº 36) Compendio de trabajos sobre edificios cupulados de planta centrada de Europa.

Ross King. *La Cúpula de Brunelleschi*. ED. Apóstrofe 2002. Este libro es una referencia para cualquier estudio de la obra arquitectónica de Brunelleschi. (Bibliog. nº 64)

Aún podemos retrotraernos más en el tiempo y llegar a otro gran edificio cupulado; Apolodoro de Damasco consiguió el prodigio del Panteón de Roma realizado entre el año 118 y el 125, esto es, siete años para levantar una cúpula de 43.30 metros de diámetro no superada ni por Brunelleschi ni por Miguel Ángel doce siglos después, con la consideración de que la de Apolodoro era una cúpula semiesférica, no apuntada como la de los renacentistas.

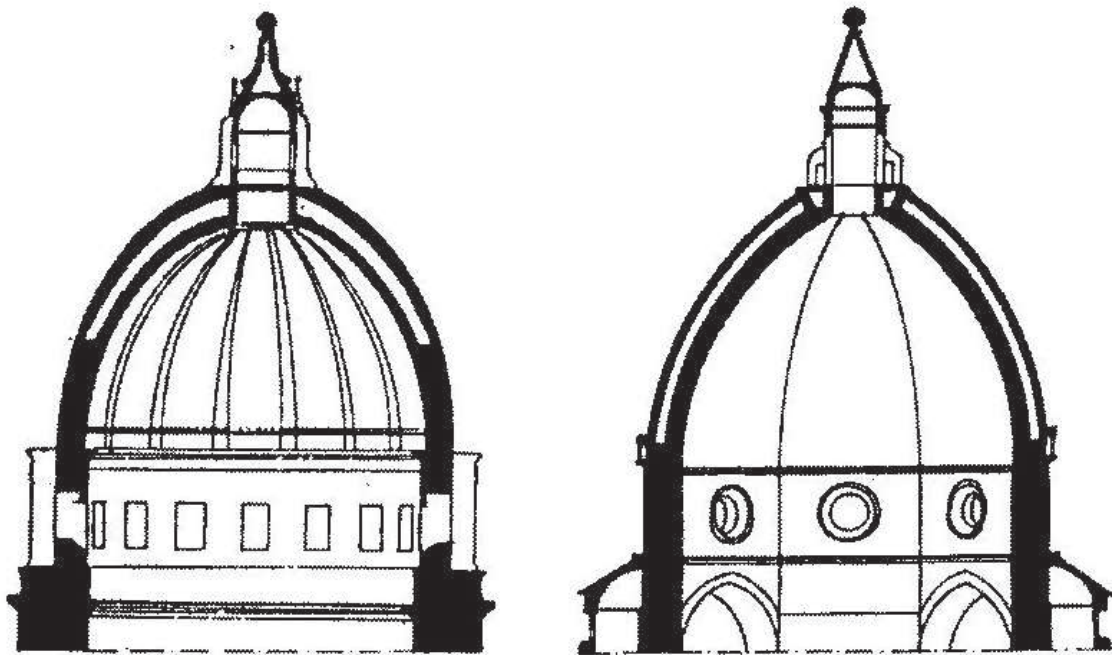


Fig. 36. Cúpula de San Pedro de Roma, según el proyecto final de Miguel Ángel y cúpula de Santa María in Fiore de Brunelleschi. Sección tambor-cúpula. (misma escala). (Heyman)

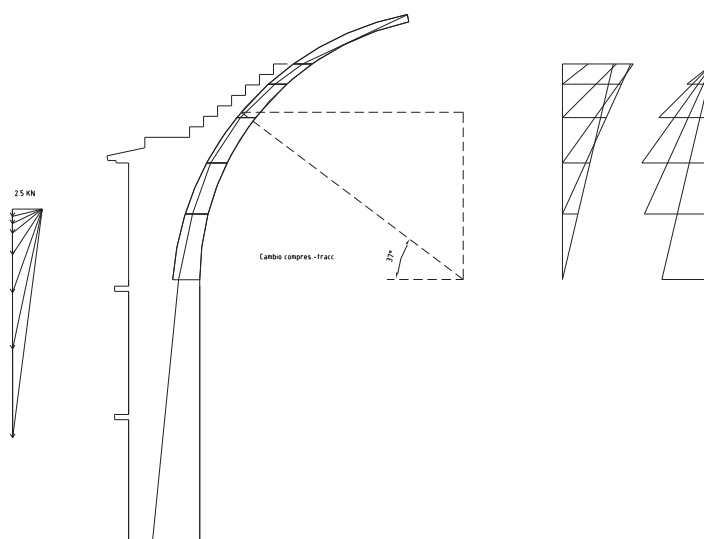


Fig. 37. Línea de empujes en la cúpula del Panteón de Roma. (Dibujo del autor)

Por concepto y por cultura, incluso por procedimientos y materiales podemos decir que el Panteón es una obra oriental mucho más cercana a las mezquitas otomanas, no hay que olvidar que Apolodoro de Damasco era de origen sirio y tenía evidentes contactos con la arquitectura oriental.

Por otro lado el concepto y los procedimientos de los maestros renacentistas es distinto; son cúpulas apuntadas que bebieron en fuentes góticas, son cúpulas de doble cáscara (atirantadas) mucho más complejas en su realización.

Retomando el discurso de las mezquitas otomanas se recuerda la secuencia iniciada con las mezquitas hipóstilas de Ulu Camii y Eski Camii y las que prosiguen en el camino por la búsqueda de un espacio centralizado cupulado como la Uç Serefeli, Fatih Camii y Bayaceto II.

Hasta aquí se han tratado temas geométricos, estructurales y constructivos. Se han hecho referencias a otros edificios, a otros sistemas, pero el discurso prosigue con las mezquitas otomanas.

Hay que volver a Fatih Camii y Bayaceto II y su relación con Santa Sofía, sin olvidar a la primera mezquita que empieza la carrera hacia un espacio cupulado único, aunque con dos soportes como evacuación de cargas, la Uç Serefeli.

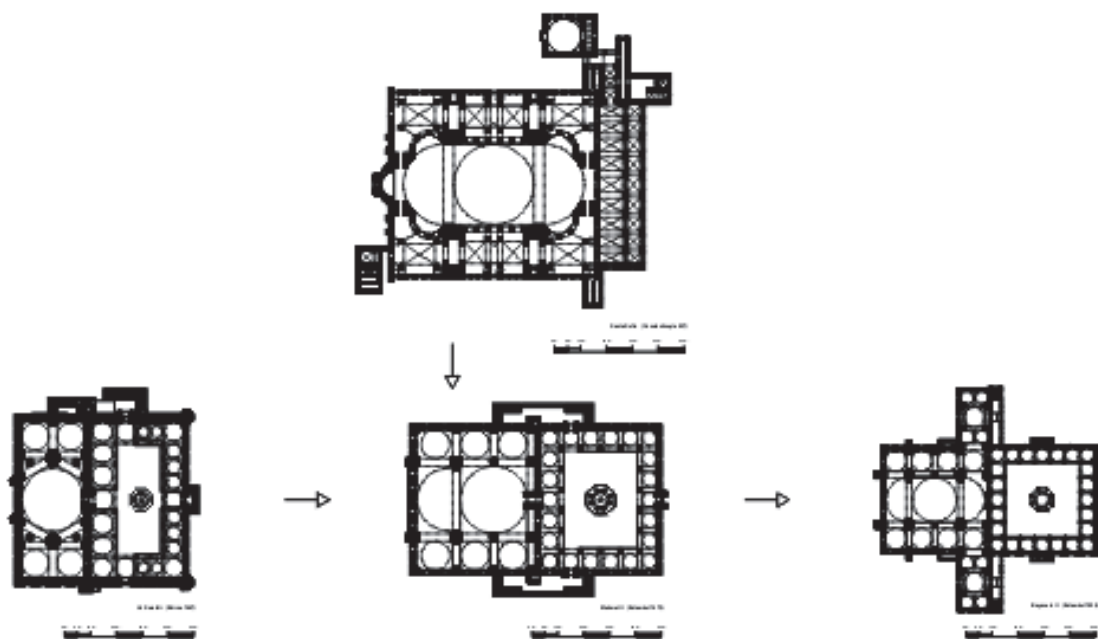


Fig. 38. Santa Sofía (arriba), Uç Serefeli (abajo izquierda), Fatih Camii (abajo centro) y Bayaceto II Camii (abajo derecha) a misma escala. (Dibujo del autor)

Volviendo a la relación, patentizada ya en párrafos anteriores, entre estos cuatro edificios hay que introducir un nuevo parámetro de análisis cual es su función en relación con su solución formal o tipológica.

Se puede afirmar que en principio cualquier tipología arquitectónica puede servir para las funciones de mezquita. No hay que olvidar lo que dice la tradición islámica al respecto: “donde hay un musulmán hay una mezquita”. Desde un punto de vista puramente formal una mezquita solo requiere un plano horizontal para la postración y la plegaria y un muro direccional marcando el punto referencial de la Kaaba. Esto ha posibilitado tres grandes tipologías: las mezquitas hipóstilas de la época de los omeyas, las mezquitas de patio central y cuatro iwanes de la época selyúcida y la tipología de planta central cupulada de los otomanos.

Es evidente que el culto cristiano tiene otras prerrogativas formales. La liturgia cristiana es más compleja en su procedimiento. Requiere un altar, una ubicación de los fieles, unos recorridos, un movimiento del que carece el culto islámico. Es una puesta en escena más teatral.

En el interior de Santa Sofía, (recordemos siempre que aún con la presencia de la cúpula central se trata de un tipo de planta basilical), la nave central se halla separada de las laterales por dos series superpuestas de arquerías de medio punto sobre columnas. La superior cuenta con una tribuna. Esta doble serie de arquerías y columnas a cada lado de la nave central enfatiza la impresión longitudinal, es decir, crea un ritmo direccional a modo de espacio-camino que nos conduce al ábside donde está ubicado el altar, foco principal y lugar del sacrificio de la Misa. Hay un efecto espacial basilical. (13).

Aunque, desde el punto de vista estrictamente tipológico, Santa Sofía es el resultado de haber combinado una planta basilical (en disposición de tres naves) con otra central (la cubierta con cúpula), desde un punto de vista de la percepción espacial predomina la impresión direccional longitudinal. Aunque esta percepción pueda ser cuestionable, incluso subjetiva, se debe apuntar que este equilibrio planta basilical-central no se ha logrado y sigue dominando el espacio-tensión en la nave central.

En cualquier caso este aspecto es un tema crucial en el análisis tipológico y más teniendo en cuenta el origen de los primeros templos del cristianismo que tomaron las basílicas romanas (edificios civiles) que adaptaron a su liturgia.

(13). Gonzalo M. Borrás Gualis (Universidad de Zaragoza). Del arte bizantino al arte otomano: la pervivencia de las formas tipológicas. ELOGIO DE CONSTANTINOPLA. Coordinador: Miguel Cortes Arrese. Colección ESTUDIOS. Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha. Cuenca 2004. P. 151 y sucesivas. (Bibliog. nº 26)

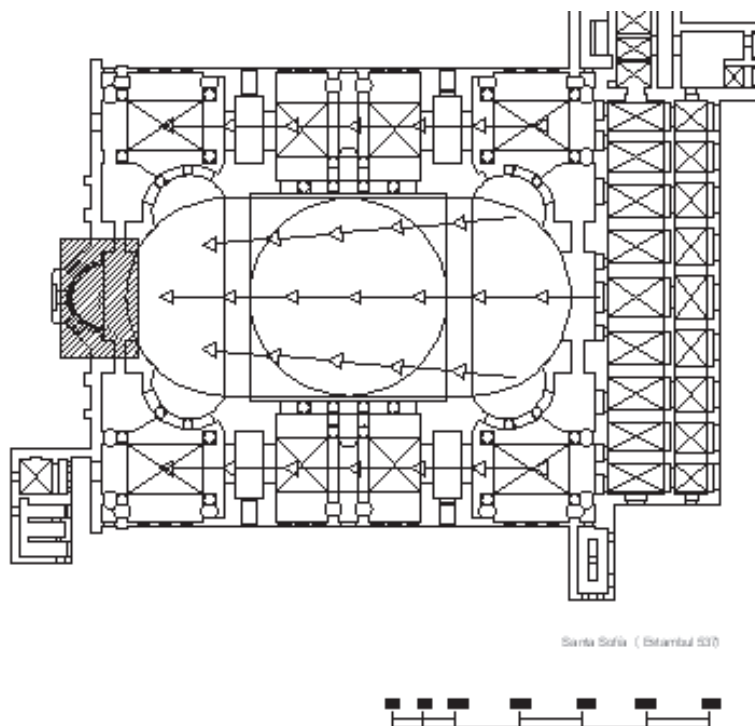


Fig. 39. Santa Sofía. Líneas de ritmo espacio camino hacia el punto clave; el altar. (Dibujo del autor)

Posteriormente se verá en las obras de Mimar Sinán que, aún tomando el modelo de Santa Sofía, prescinde de todos aquellos elementos arquitectónicos que en la nave central contribuían a enfatizar la impresión longitudinal de la misma. Este aspecto ya se empieza a atisbar en la Fatih Camii y en la mezquita de Bayaceto II.

En primer lugar empiezan a desaparecer los elementos de separación de las naves laterales imponiéndose más claramente la vista de la nave central anulándose el efecto de separación de las mismas, produciéndose un profundo efecto espacial que se corresponde mucho mejor con los objetivos estéticos, ideológicos y rituales de Islám.

En la Fatih camii y más aun en la Bayaceto II camii el autor, el arquitecto Jayr al-Din ha suprimido el eje axial de la nave central, anulando la separación de los espacios laterales con el espacio central de manera que el nuevo espacio creado por la mezquita otomana puede definirse como un espacio en expansión desde el centro en todas direcciones en el que las paredes exteriores tampoco funcionan como límite, y por tanto, no son paredes de cierre, sino paredes abiertas con ventanas, con las que se obtiene una iluminación equilibrada en todo el interior.

Esta percepción y disposición será elevado al grado de lo sublime por el gran Sinán a lo largo de su prolífica y fructífera labor arquitectónica.

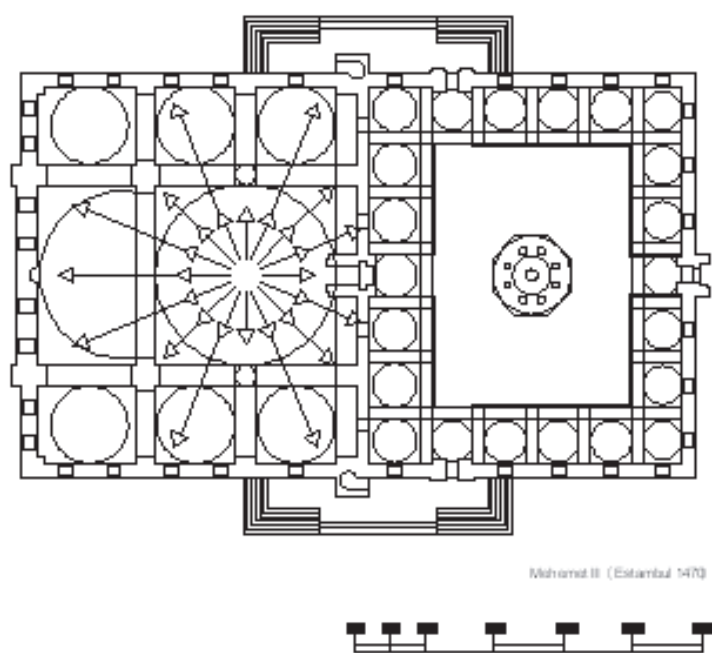


Fig. 40. Fatih Camii. Líneas de visión irradiando desde la proyección del centro de la cúpula (Dibujo del autor)

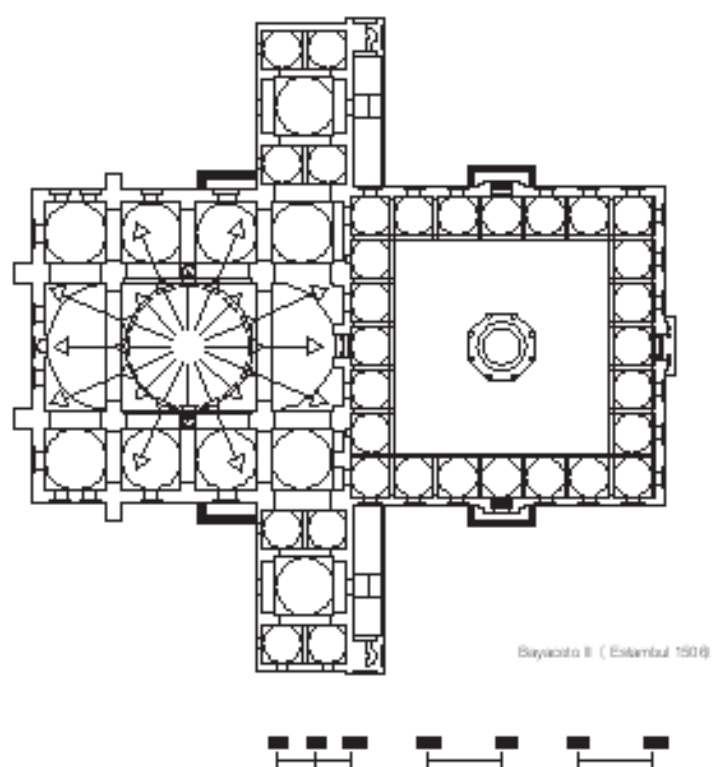


Fig. 41. Bayaceto II Camii. Líneas de visión irradiando desde la proyección del centro de la cúpula (Dibujo del autor)

En las figuras anteriores (fig. 39, 40 y 41) se aprecia lo comentado en párrafos precedentes al respecto de la percepción visual de la iglesia cristiana de Santa Sofía y las ya mezquitas ex – novo de Mehmet II y Bayaceto II. En estas últimas aparece una columna en los extremos de uno de los diámetros de la proyección en planta de la cúpula central. Este soporte no sirve de auxilio a la cúpula pero ya desaparecen las filas de soportes en doble altura de Santa Sofía.

No olvidar que todas las referencias a la mezquita de Mehmet II se basan en la planta original, ya que el terremoto de 1766, al no perdonar más que el patio, demostró a posteriori la fragilidad del edificio y acaso su osadía. La mezquita actual se reconstruyó con cuatro cúpulas como ya se ha visto. De cualquier manera la mezquita original puede reconstruirse a partir de diversas fuentes, entre ellas la vista de la ciudad de Estambul trazada en sepia sobre papel en 1559 por Melchior Loris y que actualmente se encuentra en la Biblioteca de la Universidad de Leiden. (14).

Esta apareciendo una nueva tipología aunque, eso sí, claramente inspirada en Santa Sofía.

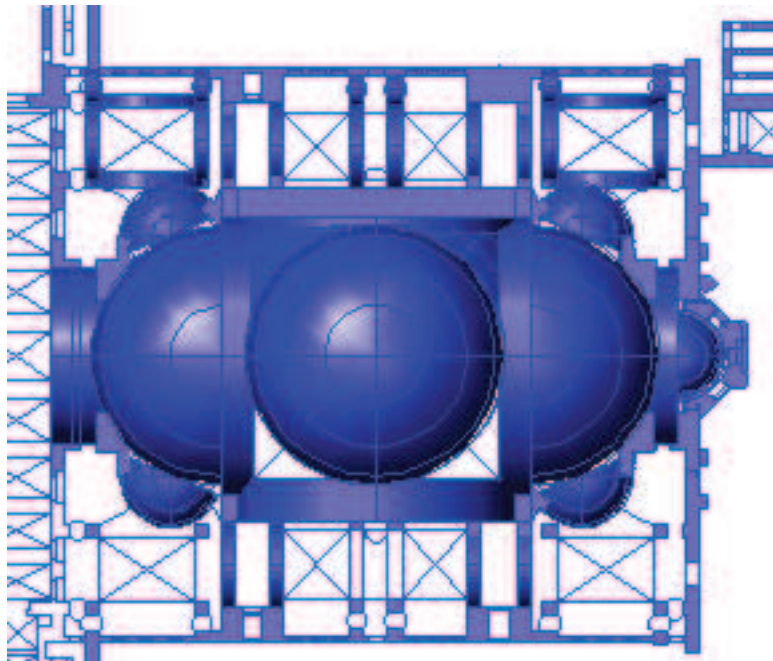


Fig. 42. Santa Sofía. Esquema volumétrico destacando la cúpula central y las semicúpulas de la nave central. (Construcción 3D del autor)

(14). Sheila S. Blair y Jonathan M. Bloom. *Arte y Arquitectura del Islám 1250-1800*. Manuales de Arte Cátedra. ED. Cátedra 1999, p. 316 (Bibliog. nº 12)

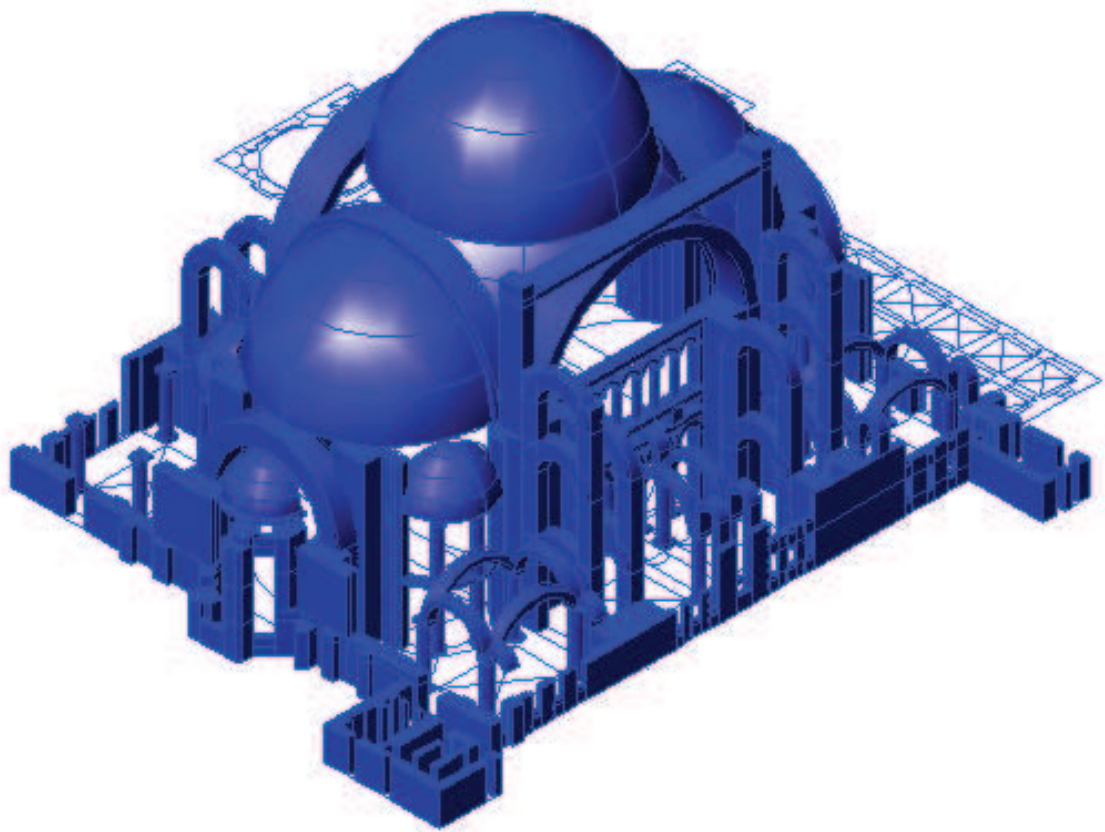


Fig. 43. Santa Sofía. Esquema volumétrico destacando la solución de los arcos torales perpendiculares a las dos semicúpulas. (Construcción 3D del autor).

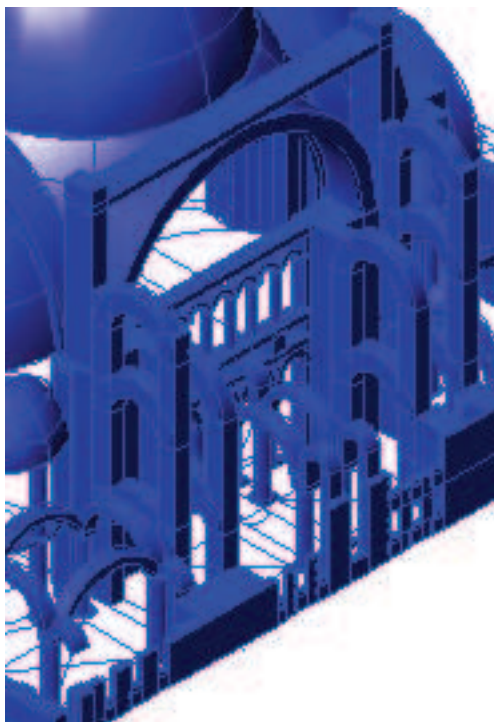


Fig. 44. Santa Sofía. Nave lateral. (3D autor).

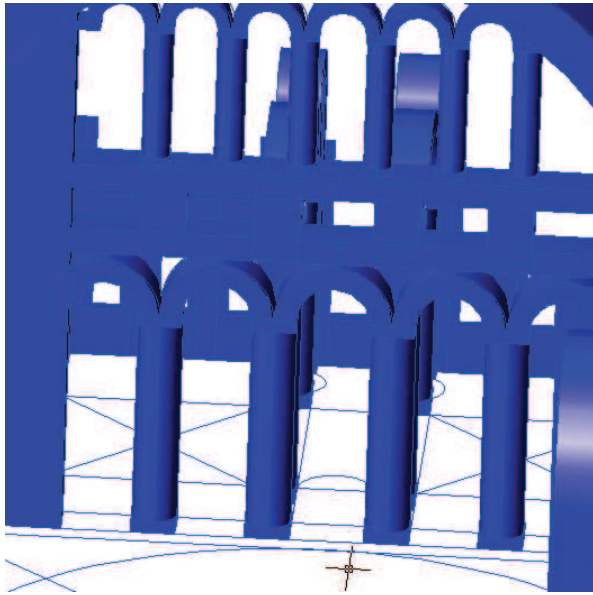


Fig. 45. Santa Sofía. Doble arquería de separación de las naves laterales. (Construcción 3D del autor).

En las figuras sobre estas líneas se aprecia la complejidad de la estructura de Santa Sofía. La nave central tiene una secuencia longitudinal de semicúpula, cúpula, semicúpula y ábside cupulado. Por su parte las naves laterales marcan la separación con la central por las dobles arquerías de columnas y arcos de medio punto (fig. 45). Estas dobles arquerías se encuentran al abrigo de los grandes arcos torales que soportan la cúpula central en dos de sus lados. Precisamente estos fueron los arcos que “fallaron” ya durante su construcción y que hubo de reparar posteriormente Isidoro el Joven.

A la vista del esquema se observa el entramado de arcos de soporte de las naves laterales. En efecto son una serie de arcos que van descargando unos sobre otros y a su vez sobre columnas y las paredes exteriores, realmente poco determinantes pues ya se ha dicho que su grosor, relativamente escaso de unos 80 centímetros, no parece suficiente como para considerarle “elemento sustentante”.

El tímpano semicircular permite la abertura de las ventanas de iluminación a la nave central. Desgraciadamente con el paso del tiempo y la cantidad de reformas sin método que se han sucedido, han sido cegadas varias de estas con lo cual solo se puede imaginar la sensación de la luz sobre el interior de la iglesia original.

La pechina es el elemento que posibilita la composición y el sostén de la cúpula central y que descarga sobre los potentes soportes de piedra y ladrillo siendo fundamentales en el esquema estructural.

Ya se ha dicho, al teorizar sobre la mecánica de Santa Sofía, que el esquema utilizado hasta ahora por los romanos cambia radicalmente; ahora el equilibrio se confía a la composición de cúpulas. Esto es lo que retoma la arquitectura otomana mil años después, mientras en Europa Occidental, en la misma época, se sigue confiando en la masa de los elementos sustentantes y de cerramiento el equilibrio.

Se puede decir que el Renacimiento no aportó nada, o aportó poca cosa desde el punto de vista de la innovación estructural. Es acaso más un tema formal.

En cambio el Gótico si propició este punto de inflexión, período este que coincide con la arquitectura bizantina posterior a Justiniano. Después de Justiniano se siguieron construyendo templos, pero en ningún caso se superó a la Gran Iglesia aunque si se bebió en sus fuentes estructurales y tipológicas revelando también la tradición de planta basilical con ábsides y cúpula central, aunque en edificios mucho más modestos.

Volviendo al tema de las mezquitas de Mehmet II y Bayaceto II se empieza a atisbar un gusto por el lenguaje arquitectónico bizantino readaptado a los nuevos usos.

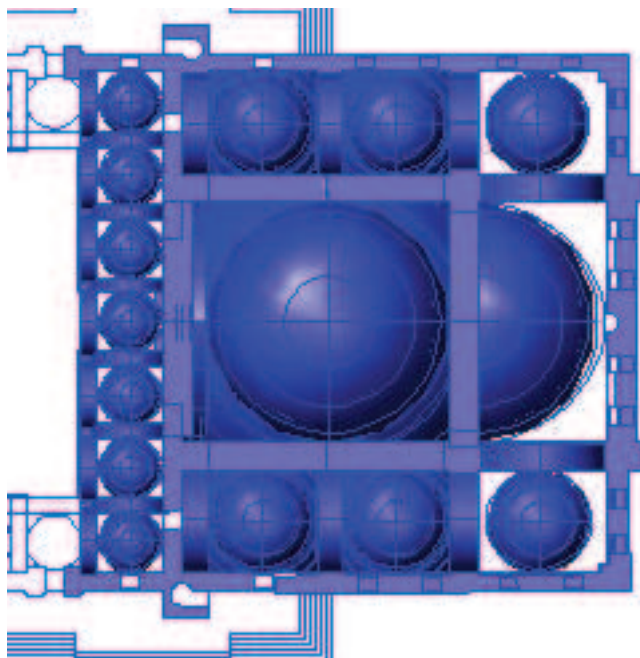


Fig. 46. Fatih Camii. Esquema volumétrico destacando la cúpula central y la semicúpula. (Construcción 3D del autor).

En la mezquita de Mehmet II se aprecia la composición de cascada de cúpulas destacando la principal inscrita en el cuadrado central del edificio. Esta es

soportada en uno de sus lados por una semicúpula de igual diámetro y por un gran arco en el opuesto. Aunque la gran cúpula de 26 metros de diámetro transmite a cuatro pechinas sus empujes y esta, a su vez, a cuatro potentes soportes. El entramado de arcos de las naves laterales en Santa Sofía es sustituido aquí por un sistema de pequeñas cúpulas insertas en un cuadrado constituido por cuatro arcos y, obviamente sus correspondientes pechinas. Con este conjunto de elementos la percepción visual es claramente de planta más centralizada.

Una secuencia de arquerías marca un ritmo distinto que el de una secuencia de pequeñas cúpulas, contribuyendo esto al cambio de percepción entre unas y otras antes mencionado.

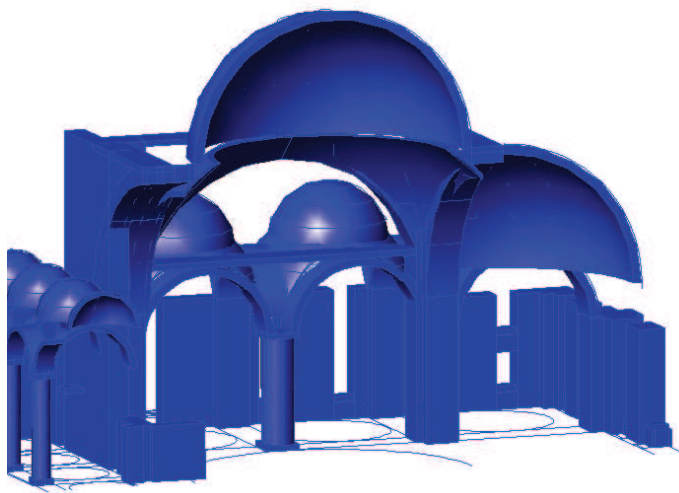


Fig. 47. Fatih Camii. Sección longitudinal y vista hacia el espacio lateral separado por un soporte y dos arcos. (Construcción 3D del autor).

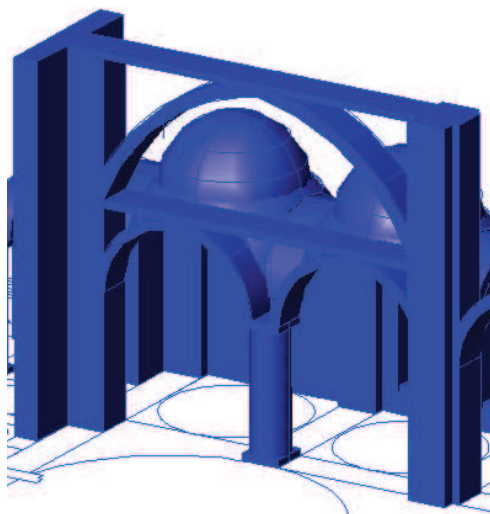


Fig. 48. Fatih Camii. Vista interior parcial (esquema)

Como se aprecia en la figura 48 el soporte de separación de la zona central y las laterales con sus dos arcos tiene escasa función estructural ya que las pechinas y los soportes, dos de los cuales se aprecian en la figura, son los responsables del equilibrio de la cúpula.

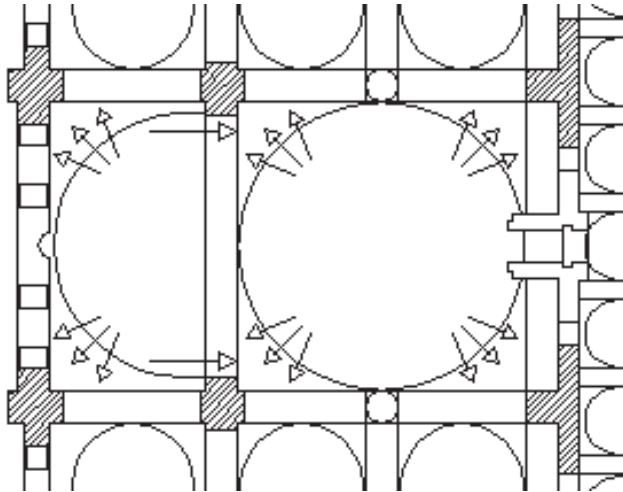
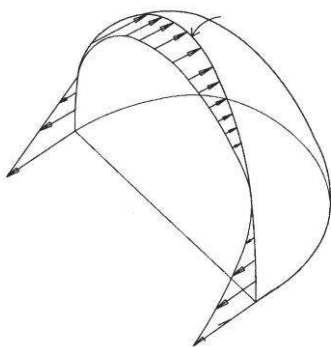


Fig. 49. Fatih Camii. Esquema de transmisión de cargas de las cúpulas principales. (Dibujo del autor).

Se ve en el esquema precedente como los elementos verticales, los soportes que configuran el cubo en el que descarga la cúpula central y la semicúpula son los encargados principales de la transmisión de cargas hasta la base. Destacar los contrafuertes exteriores del muro de la parte de la quibla. Por otro lado en este esquema de cúpulas y semicúpulas se muestra en la figura 49 el comportamiento de la semicúpula lateral y como contrarresta empujes en la base de la cúpula principal.



El empuje de una semicúpula es del 6.8% de su peso total.

Fig. 50. Diagrama de contrarresto de una semicúpula. (Mainstone. Developments in Structural Forms. Architectural Press 2001)

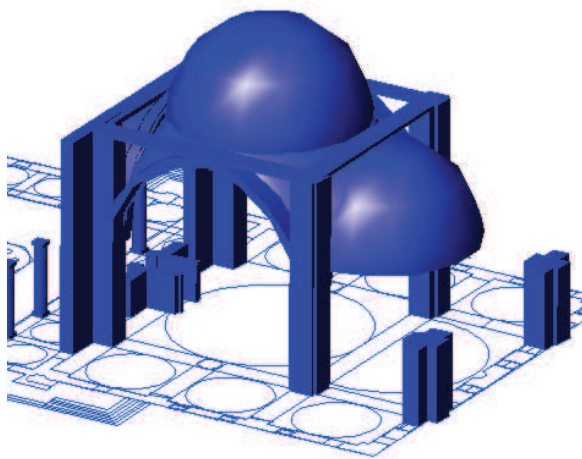


Fig. 51. Esquema soportes cúpula central Fatih Camii. (Construcción 3D del autor)

Es patente que una cúpula semiesférica ejerce en su base el mismo empuje en todas las direcciones de su perímetro, con lo cual cabe preguntarse por qué no se configura un sistema de contrarresto simétrico. En efecto, en los casos estudiados hasta ahora solo hay una simetría de contrarresto de la cúpula central en la dirección de uno de sus ejes, concretamente en el longitudinal como se presenta en Santa Sofía y en la de Bayaceto II, incluso no así en la de Mehmet II. El caso de Santa Sofía parece poder explicarse por el planteamiento de planta basilical y su función litúrgica, pero, ¿y los otros?

Santa Sofía ya evidenció sus movimientos incluso en el momento de su construcción y estas llevaron a la coronación una cúpula elíptica de 30x32 metros. El ya explicado sistema constructivo y las dimensiones fueron quizá las causantes. El caso de la mezquita de Mehmet II, que recordemos es de 1470, reinterpretó el modelo de Santa Sofía solo a medias ya que no colocó dos semicúpulas sino solo una en la parte del muro de la quibla.

Sin embargo en la de Bayaceto II, ya en 1506, si se reinterpretó el esquema de Santa Sofía con dos semicúpulas aunque todo el edificio se realizó a una escala mucho más modesta que su inspiradora.

Hay que esperar a la Sehzade de Mimar Sinán en 1543 para ver una simetría de contrarresto en los dos ejes, longitudinal y transversal, y en la última época de este tipo de arquitectura en la Mezquita Azul en 1617. Tampoco sería de justicia olvidar, quizá la obra cumbre de Sinán; la mezquita de Selimiye en Edirne de 1575 con una sola cúpula soportada por pares de columnas y cuatro lunetos formando un esquema totalmente centralizado.

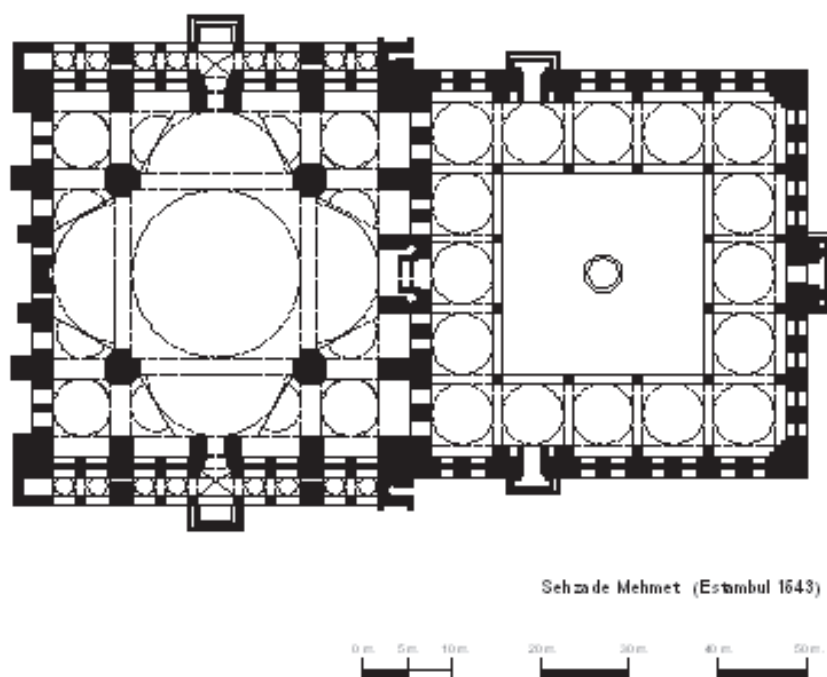


Fig. 52. Planta de la Şehzade Mehmet Camii. Mimar Sinán. Estambul, 1543. (Dibujo del autor)

A continuación se muestra un esquema de los sistemas de contrarresto de la cúpula central a la misma escala de Santa Sofía, Uç Serefeli, Mehmet II y Bayaceto II. Si tenemos en cuenta que esta última se erigió mil años después de la Gran Iglesia apreciaremos, aun más la magnificencia del edificio de Justiniano. La Fatih camii aproxima el diámetro de la cúpula (26 metros) a la de Santa Sofía, sin embargo solo dispone una semicúpula en su esquema. La mezquita de Bayaceto II con su cúpula central de 17 metros de diámetro supone un retroceso claro en dimensiones a Santa Sofía aunque si bien su esquema tipológico es similar su ejecución es bastante menos atrevida.



Fig. 53. Esquema comparativo a la misma escala del sistema de cúpulas (de izquierda a derecha) de: Santa Sofía, Uç Serefeli, Fatih camii y Bayaceto II. (Dibujo del autor)

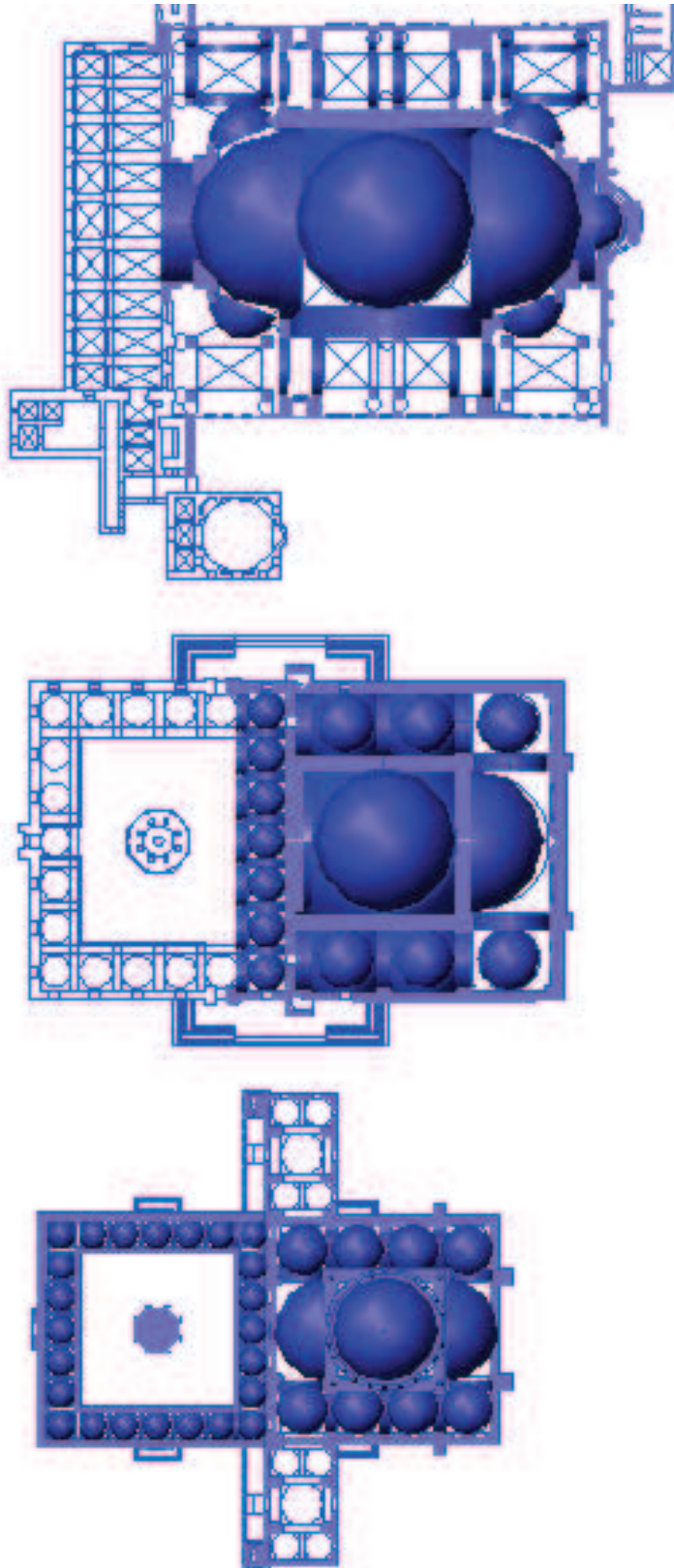


Fig. 54. Vista en planta (misma escala y de arriba abajo) de Santa Sofía, Fatih camii y Bayaceto II. (Construcción 3D del autor)

El esquema estructural del sistema de equilibrio de la cúpula central de Santa Sofía fue pionero y, con variaciones, dio lugar a los esquemas de equilibrio o contrarresto de las mezquitas otomanas.

Ya se ha visto que aunque la evolución de las mezquitas otomanas tiene sus referencias en las cúpulas (tómese como ejemplo la Ulu camii) y posteriormente en el agrupamiento de cúpulas a partir de la Uç Serefeli continuando con las ejemplificadas aquí de Mehmet II y Bayaceto II, y a la espera de las realizaciones de Mimar Sinán, la magnificencia y las dimensiones de la Gran iglesia, así como sus técnicas constructivas dieron problemas de deformación que no se dieron con tanta relevancia en la mezquitas.

Como se vio en su momento Santa Sofía funcionó, en términos de equilibrio de forma correcta en un eje y no tanto en el otro. Esto debido a la asimetría del sistema de equilibrio realizado para contener, sin embargo, un sistema de empujes totalmente simétrico.

Este esquema fue observado y retomado en los siglos venideros, acaso corregido en alguna medida, pero también favorecido por las dimensiones más modestas de los templos otomanos. Parece obvio deducir que un sistema de empujes simétrico requería un sistema de contrarresto simétrico.

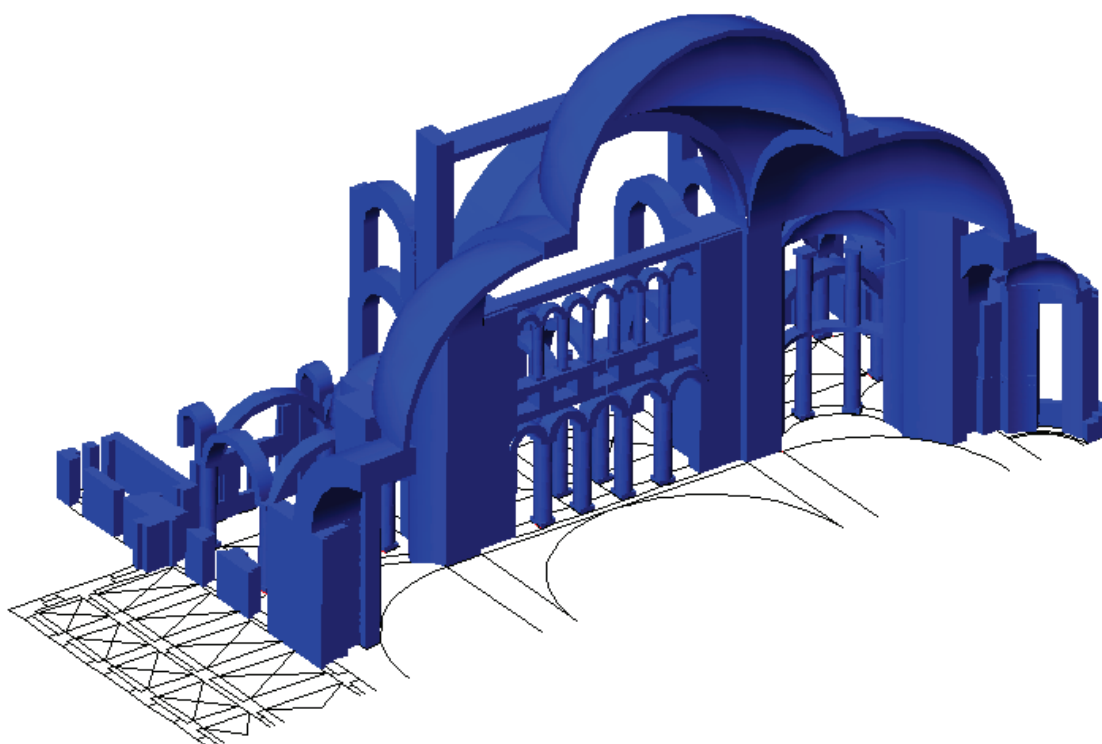


Fig. 55. Santa Sofía, sección longitudinal (esquema estructural nave central; agrupamiento de cúpulas). (Construcción 3D del autor)

En cualquier caso en Santa Sofía esa asimetría de contrarrestos en los ejes perpendiculares no fue un problema insolventable. El derrumbe parcial de su cúpula original se debió a su osadía formal; una cúpula demasiado plana cuyos empujes eran mucho más horizontales de lo que se podían contrarrestar, aparte del problema expuesto con anterioridad del subsuelo en el que estaba cimentado y que experimentó movimientos y asientos diferenciales a causa de los movimientos sísmicos como ya se ha evidenciado en estudios específicos (15).

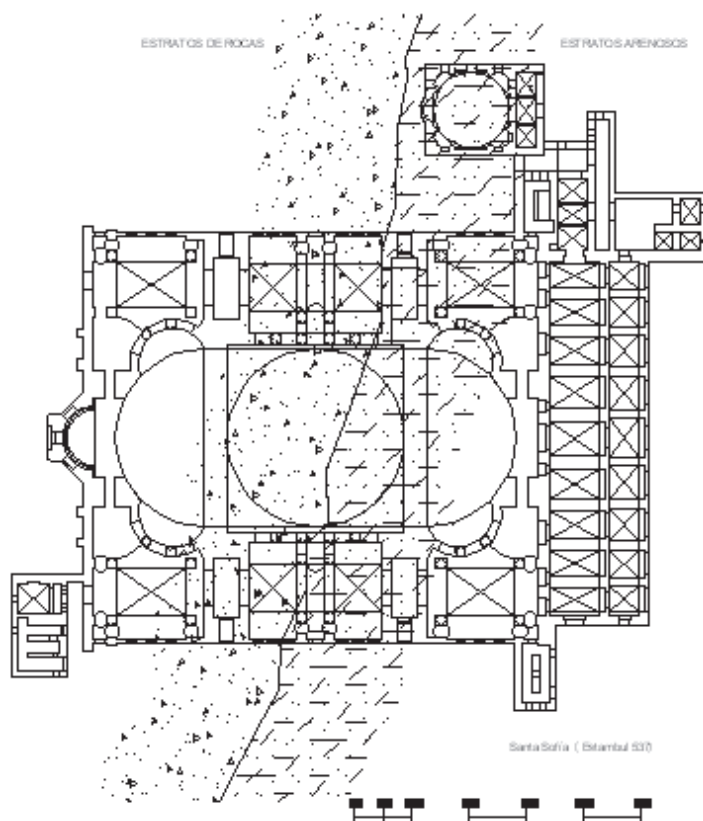


Fig. 56. Terreno de cimentación de Santa Sofía, estratos rocosos y arenosos (Dibujo del autor)

También se puede reseñar al respecto la deformación de soportes y arcos debido a las características de la fábrica (exceso de mortero en la misma) que traía como consecuencia las lógicas retracciones que posibilitaron movimientos. ¿Acaso las reformas de Isidoro el joven jugaron excesivamente a favor de la seguridad?

(15). Según trabajos del ingeniero L. Bistakos referidos a estudios sobre los pilares y las tensiones laterales de la cúpula. (Robert Mark and Ahmet S.Çacmak. Hagia Sophia. From the age of Justinian to the present. Cambridge University Press). (Bibliog. nº 83) Bistakos es uno de los pocos autores que ha realizado estudios sobre el sistema de cimentación de Santa Sofía y estudios geotécnicos del sustrato donde se asienta el edificio. Parte de ellos están resumidos en el libro de la cita.

Efectivamente se subió la clave de la nueva cúpula unos 7 metros y se adosaron unos contrafuertes de dudoso diseño formal y quizá excesivamente masivos para contener empujes de los arcos torales.

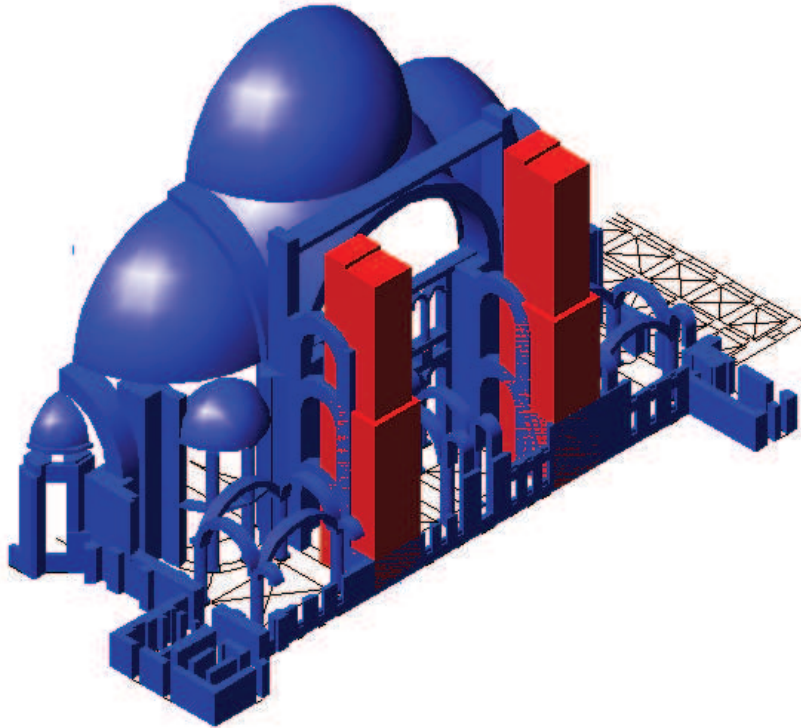


Fig. 57. Contrafuertes laterales en Santa Sofía. Isidoro el Joven (Construcción 3D del autor)

El sistema de contrarresto fue variando optando cada vez más por una acumulación de cúpulas y arcos. Repetir de nuevo que las dimensiones de las mezquitas eran menos atrevidas.

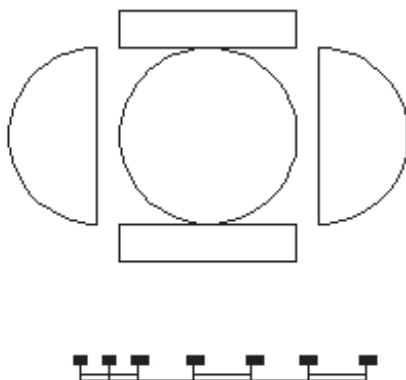


Fig. 58. Esquema de contrarresto de la cúpula de Santa Sofía (Dibujo del autor)

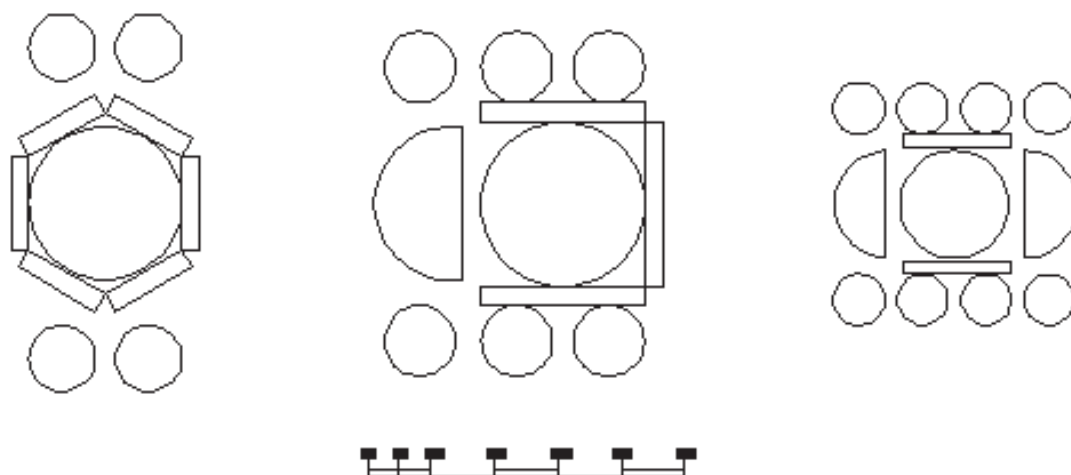


Fig. 59. Esquema de contrarresto de las cúpulas de Uç Serefeli, Fatih camii y Bayaceto II camii, de izquierda a derecha. (Dibujo del autor)

Como se verá posteriormente las variaciones de Mimar Sinán al respecto serán de sumo interés e importancia.

Reiterando que la ejecución de estos edificios es más una obra de constructores que de arquitectos la propia elaboración de los elementos constitutivos juega a favor del resultado final.

Estamos hablando de edificios que se llevaban a cabo en cortos períodos de tiempo, en torno a los cinco años que comparándolos con los plazos de ejecución de sus edificios contemporáneos de la Europa Occidental donde imperaba el Renacimiento, eran absolutamente sorprendentes.

Evidentemente los planteamientos y métodos de construcción a un lado y otro del continente tenían poco que ver. Las cúpulas orientales estaban levantadas con ladrillos, tejerías y tubos huecos y tenían espesores ínfimos comparados con los de las moles de piedra de las cúpulas renacentistas de 3 ó 4 metros de espesor, con dos cáscaras, por los 80 centímetros de media de los edificios otomanos o Santa Sofía.

Sinán llevó a la excelencia la construcción de cúpulas delgadas de ladrillo sostenidas por pechinas y soportes. Esto, claramente, no era la magnitud del problema que tenían que resolver los grandes maestros occidentales como Brunelleschi o Bramante, Sangallo y Miguel Ángel.

El probado contacto entre Sinán y los otros maestros parece que quedó en eso, una mera aproximación sin intercambio de modos ni maneras de construir.

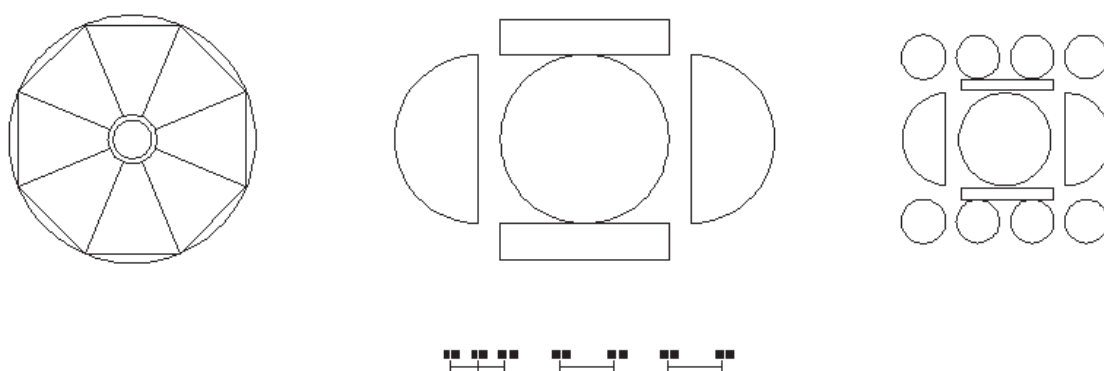


Fig. 60. Comparativa cúpulas. (misma escala y de izquierda a derecha). Santa. Mª de las Flores, Santa Sofía y Bayaceto II camii. (Dibujo del autor).

En otro edificio fundamental como es el Panteón de Roma se hace patente la solución más evidente para contrarrestar los esfuerzos de una cúpula semiesférica. La solución más obvia fue la que les llevó a realizar, aun en el siglo II, un enorme cilindro de 6 metros de espesor que contenía los empujes de la cúpula de 43.30 metros de diámetro, aunque de un espesor medio de poco más de un metro constituida por hormigón. Tenemos aquí un sistema de contrarresto perfectamente válido para los empujes transmitidos.

El problema surge cuando el sistema de contrarresto no es puramente simétrico como en el templo de Apolodoro.

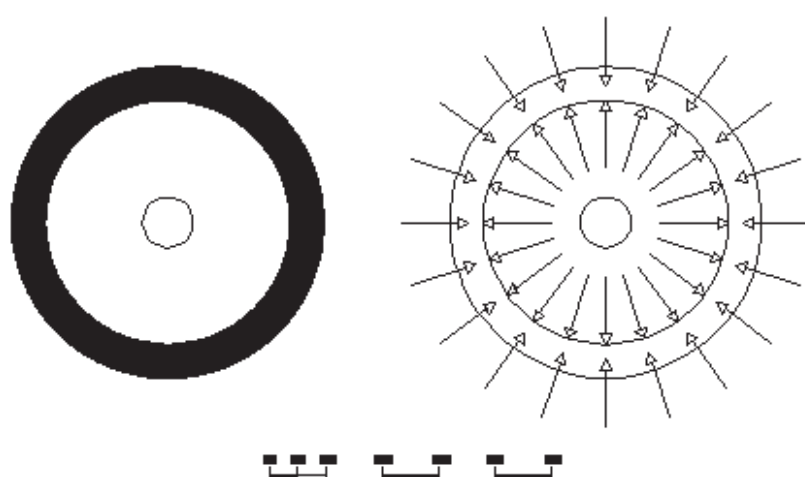


Fig. 61. Esquema de contrarresto de los empujes de la cúpula del Panteón. (Dibujo del autor).

El caso del Panteón es un caso singular y su tipología particular. El problema surge cuando se opone una cúpula de planta circular y volumetría semiesférica sobre una base no circular, cual es el caso de los edificios estudiados. Esto es, evidentemente un problema mecánico totalmente diferente y, por supuesto, más complejo.

Es necesario, pues, la aportación de un elemento intermedio de transmisión de cargas; la pechina. Está resuelve en buena medida el paso de planta circular a cuadrada. La pechina ya ha sido estudiada ampliamente en capítulos anteriores con lo que no se va a volver a ellas. Pero eso solo resuelve parte del problema.

Un edificio es un gran conjunto de elementos, en nuestro caso elementos constituidos por fábricas, construido por variopintos motivos, pero que en último caso debe ser estable. (16)

Ya se ha hablado de la relación construcción-forma-estabilidad-geometría, ya que se puede afirmar que los edificios hasta el siglo XIX fueron construidos y no así calculados. (17)

Los edificios bizantinos y posteriormente los otomanos basaban su equilibrio en la transmisión sucesiva de cargas, mediante ingeniosos sistemas de cúpulas, hasta el suelo. Este sistema de cascadas de cúpulas dio paso a un mundo de posibilidades formales aunque siempre dentro de un patrón basado en el sistema de descarga de las cúpulas.

Santa Sofía no exprimió al máximo estas posibilidades y siguió manteniendo dos naves con solución de arcos y bóvedas. Pero no hay que dudar ni un instante que fue el punto de inflexión en la arquitectura del Imperio.

Los otomanos se inspiraron en la tipología, pero aportaron sus propios sistemas y, cómo no, su propio oficio.

Se recorrió el camino partiendo de los turcomanos que se instalaron en la Península de Anatolia procedentes de las estepas del Asia Central que entraron en contacto con los Selyúcidas entre los años 1053 y 1073 (sultanato del Rüm) (18) tomando ciudades como Siva, Kayseri, Konya o Iznik donde aparecen las mezquitas hipóstilas ya comentadas (Ulu Camii de Sivas y Ulu Camii de Kayseri) que serán semilla a partir de las que germinaran y evolucionarán las otomanas.

(16). Marco Vitruvio Polión. Los diez libros de Architectura. (traducidos de latín, año 1787, en Madrid en la Imprenta Real). Ediciones Akal SA. Este libro es de obligada referencia para cualquier estudio de arquitectura antigua. (Bibliog. nº 120)

(17). Antonio Más-Guindal Lafarga. MECÁNICA DE LA ESTRUCTURA ANTIGUAS ó cuando las estructuras no se calculaban. Ed Munilla-Lería. Madrid 2011. (Bibliog. nº 86). Este autor muestra en este libro la relación patente entre forma y geometría para la correcta estabilidad de este tipo de edificios. Hay abundante documentación y proliferan los gráficos y los esquemas.

(18). Francisco Veiga. El turco. Diez siglos a las puertas de Europa. DEBATE, 2006.pp.42-50. (Bibliog. nº 117)

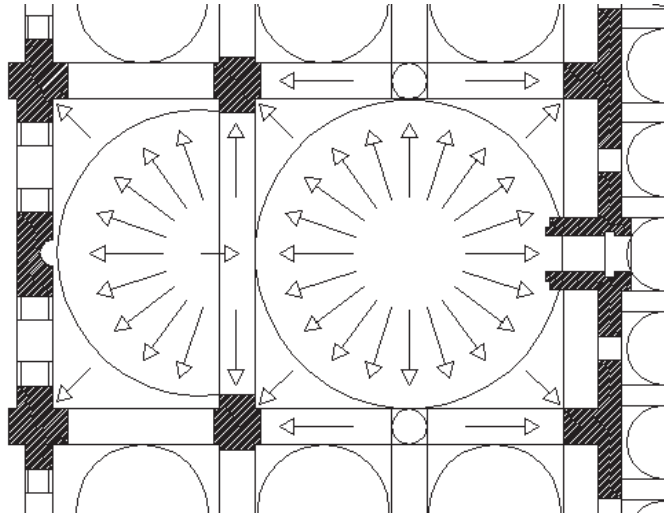


Fig. 62. Esquema de contrarresto de los empujes de la cúpula central de la Fatih camii. (Dibujo del autor).

En el esquema básico de transmisión de esfuerzos de la mezquita de Mehmet II se observa como los elementos verticales que son los encargados de transmitir las cargas a la cimentación están formando un cuadrado y un rectángulo respectivamente. La semicúpula compensa y transmite a la vez empujes, mientras que la cúpula solo transmite empujes. Los arcos torales también recogen y transmiten empujes a los soportes. Sin embargo las columnas no tienen función resistente alguna en el esquema cupulado, solo soportan la arquería superior.

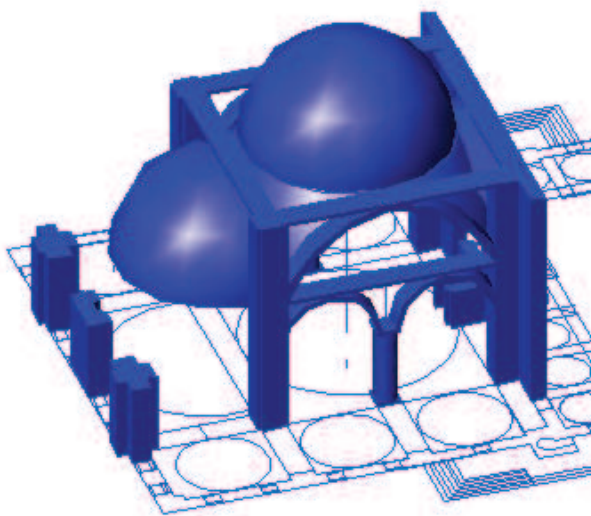


Fig. 63. Esquema de elementos estructurales. Parte central de la Fatih camii. (Construcción 3D del autor).

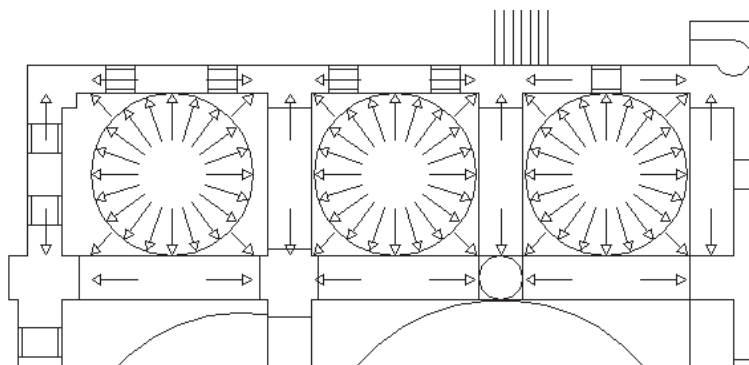


Fig. 62. Esquema de contrarresto de los empujes de las naves laterales de la Fatih camii. (Dibujo del autor).

Aunque reiterando que un edificio es un todo conjuntado e inseparable, si que podríamos hacer una distinción en subsistemas estructurales, esto es, un gran esquema o esquema principal y uno más secundario aunque igual de necesario. En la Fatih camii se han evidenciado ambos; uno que es el responsable de las cúpulas principales y otro secundario el de las naves laterales. Ambos tienen que coexistir indisolublemente ya que se complementan, entendiendo la palabra complementar como una necesidad perentoria. Estas naves laterales actúan de ayuda al contrarresto del conjunto principal. Redundamos en lo ya tratado sobre los sistemas de descarga de los conjuntos de cúpulas.

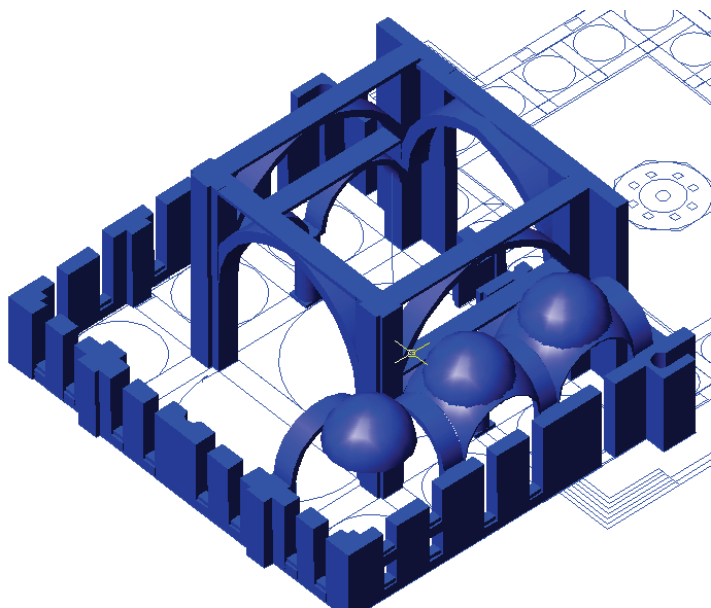


Fig. 64. Esquema de elementos estructurales. Nave lateral. Fatih camii. (Construcción 3D del autor).

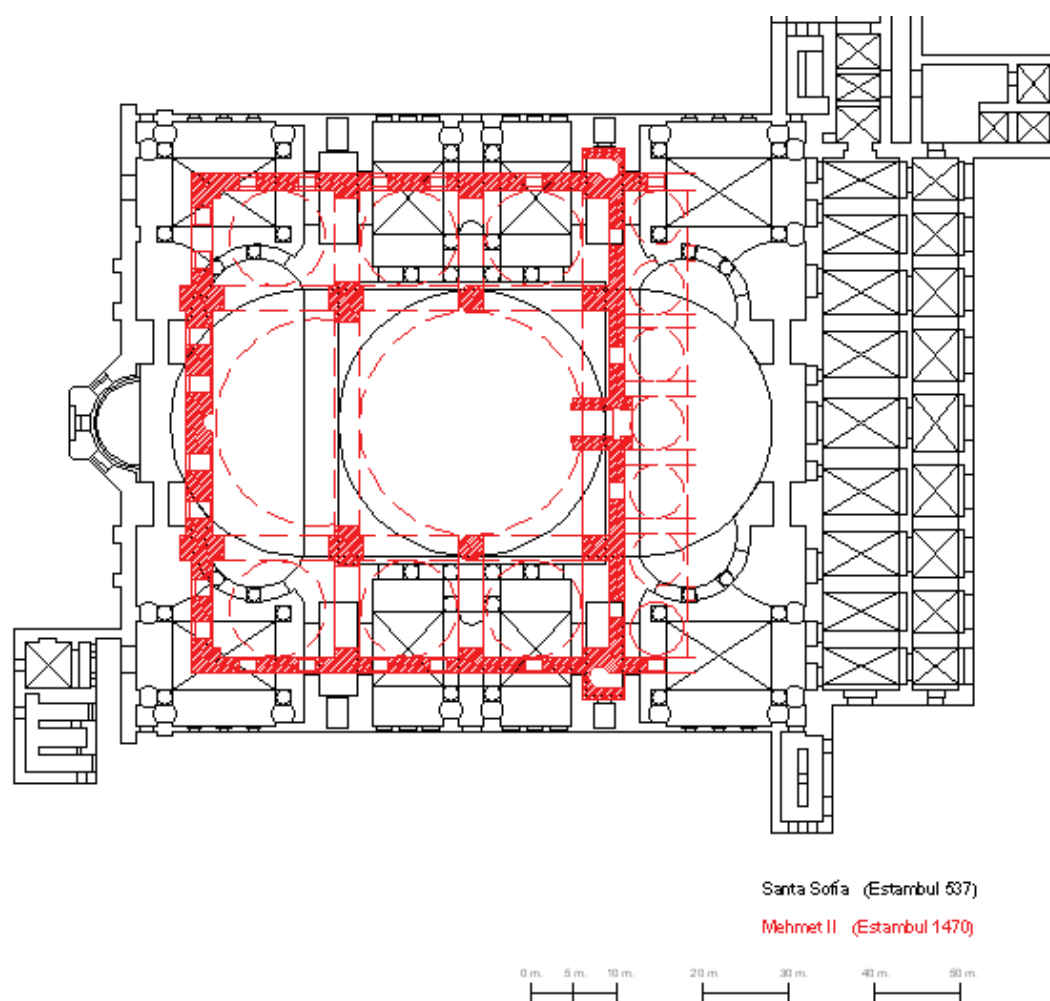


Fig. 65. Superposición comparativa de plantas a la misma escala de Santa Sofía (negro) y Fatih camii (rojo), sin el patio. (Dibujo del autor).

Por lo que respecta a la mezquita de Bayaceto II, posterior en su realización a la de Fatih camii ya que esta es de 1470 y aquella de 1506, cabe destacar su complejidad en la composición y la similitud patente de la sala de oración con Santa Sofía. Esta mezquita que se encuentra en muy buen estado de conservación tiene una característica añadida cual es la incorporación de dos alas laterales que en su momento fueron utilizadas como madrasas y alojamiento de derviches, aparte de tener el correspondiente patio abierto con la fuente para las abluciones.

Aunque ya se han hecho referencias a ella, se va profundizar en su tipología y sus características estructurales y, evidentemente, en su inspiración más que obvia en Santa Sofía.

La parte central de la sala de oración es semejante, en forma y distribución a la de Santa Sofía; una cúpula central contrarrestada por dos semicúpulas y dos arcos. Las naves laterales al igual que la Fatih están constituidas por recintos cupulados. Formalmente es sencilla en su constitución. Al exterior se aprecian volúmenes rotundos en los que se significa claramente la parte central con la cúpula dominante y las semicúpulas y naves laterales con cuatro semicúpulas cada una que dan un aspecto sobrio, únicamente animado por la presencia de las comentadas naves que flanquean el espacio central.

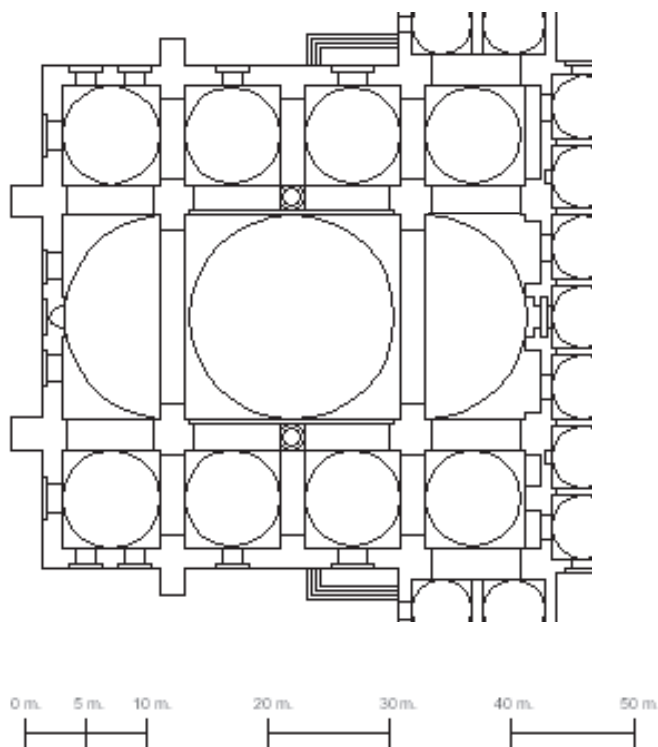


Fig. 66. Sala de oración de la mezquita de Bayaceto II. Estambul, 1506. (Dibujo del autor).

El tamaño de esta mezquita comparado con Santa Sofía esta en relación, prácticamente de 2:1 a favor de la catedral bizantina. La cúpula de la mezquita tiene un diámetro de 17 metros que contrasta con los 32 de Santa Sofía. Se ha seguido su forma pero su construcción ha sido mucho menos audaz y exageradamente reducida en su tamaño; no se ha tomado el más mínimo riesgo teniendo en cuenta además que ya se había realizado la Fatih camii treinta y seis años antes y cuya cúpula original medía 26 metros de diámetro.

Quizá la impronta que dejó en Mehmet II la iglesia de Santa Sofía a su entrada a la ya conquistada Estambul le urgió en tomar riesgos para realizar una cúpula

magnífica en su propia mezquita y que se aproximase a la de la iglesia cristiana transformada definitivamente en mezquita a partir de la conquista.

El arquitecto de la Bayaceto II camii no asumió riesgo estructural alguno, incluso reforzó los muros perimetrales con contrafuertes en algunos puntos más contundentes que los que aparecen en la Fatih camii. ¿Acaso el objetivo de la mezquita del sucesor de Mehmet II solo buscaba una réplica formal a pequeña escala?. Esta es una respuesta de difícil contestación aunque parece que la influencia de Santa Sofía era demasiado potente como para no apostar por ello.

También se observa como en la Fatih la composición del cuadrado que soporta la cúpula central está constituido con cuatro elementos verticales relativamente esbeltos de 2.00 x 2.00 metros y, al igual que en la misma, las columnas inscritas en el cuadrado de la cúpula no tienen misión estructural para esta. Solo delimitan el espacio respecto a las naves laterales y soportan un tímpano horadado con ventanas.

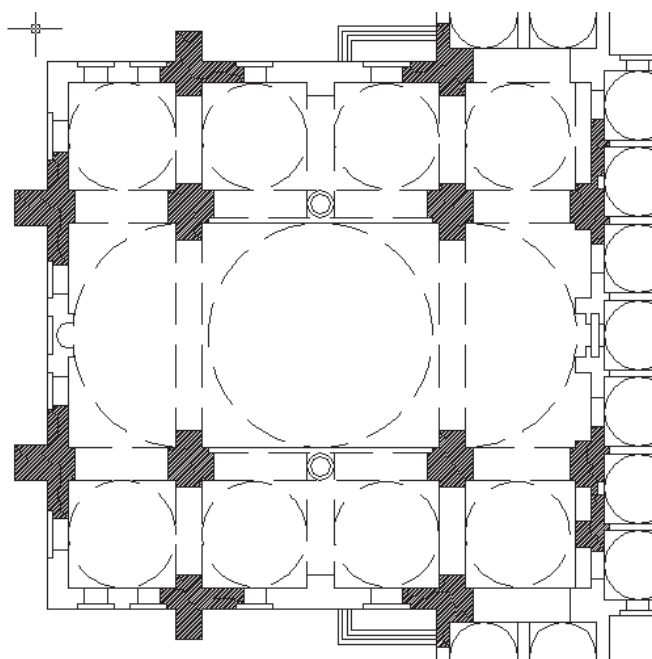


Fig. 67. Elementos verticales sustentantes de las cúpulas centrales de la mezquita de Bayaceto II. Obsérvense los contrafuertes exteriores de los muros. (Dibujo del autor).

Se puede afirmar sin temor a equivocarse que se estaba haciendo en este edificio una apuesta extremadamente conservadora, tanto por su tamaño como la adopción de elementos, acaso excesivos, como los contrafuertes que

sobresalen del perímetro de los muros rompiendo la imagen cúbica de los mismos. La imagen exterior es la de un cubo central rematado por una cúpula que sobresale de otro prisma de menor altura.

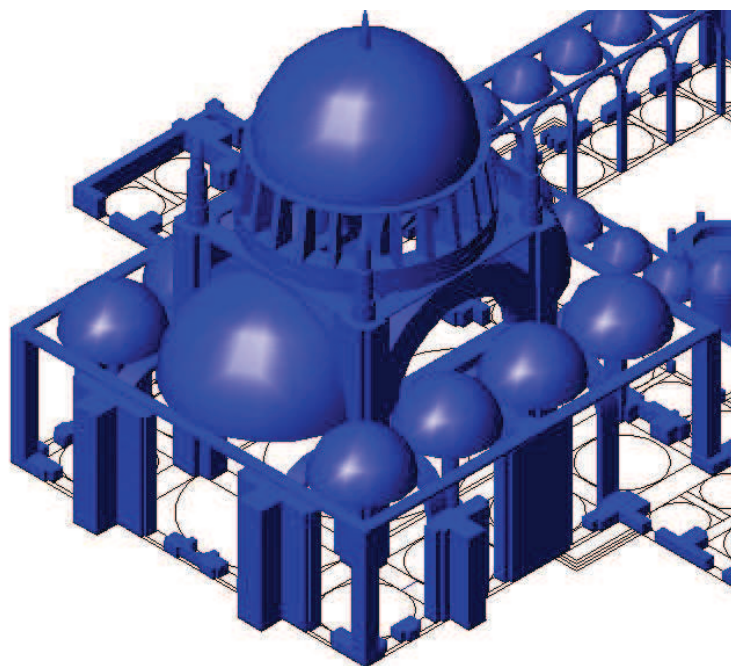


Fig. 68. Estructura de cúpulas de la mezquita de Bayaceto II. (Construcción 3D del autor).

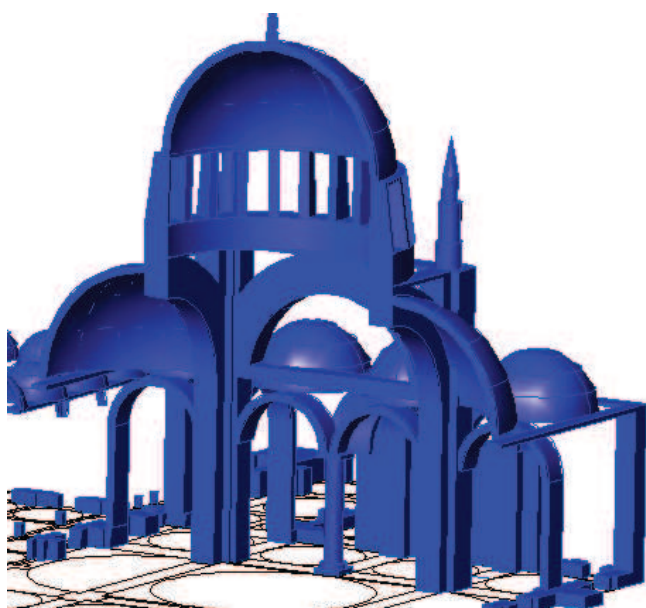


Fig. 69. Esquema del interior de la mezquita de Bayaceto II. (Construcción 3D del autor).

La zona central de esta mezquita tiene una similitud manifiesta respecto a la Fatih. La separación de esta parte, por así decirlo, la cupulada (ya que se ha comentado que se tiende a unificar el espacio eliminando el concepto de nave central y naves laterales dada la característica planta centralizada de estas mezquitas) es exacta formalmente en ambas; una columna que es el centro de dos arcos y sobre ellos el tímpano para iluminar el interior. Este tímpano está al abrigo del arco que soporta la cúpula en el eje perpendicular al de las semicúpulas.

Por otra parte este esquema se asemeja definitivamente al de Santa Sofía: dos arcos torales y dos semicúpulas. Incluso los contrafuertes que se proyectan al exterior. Obviamente no tiene la pesadez y rotundidad que los levantados por Isidoro el Joven en Bizancio, acaso estos también con una potencia exagerada.

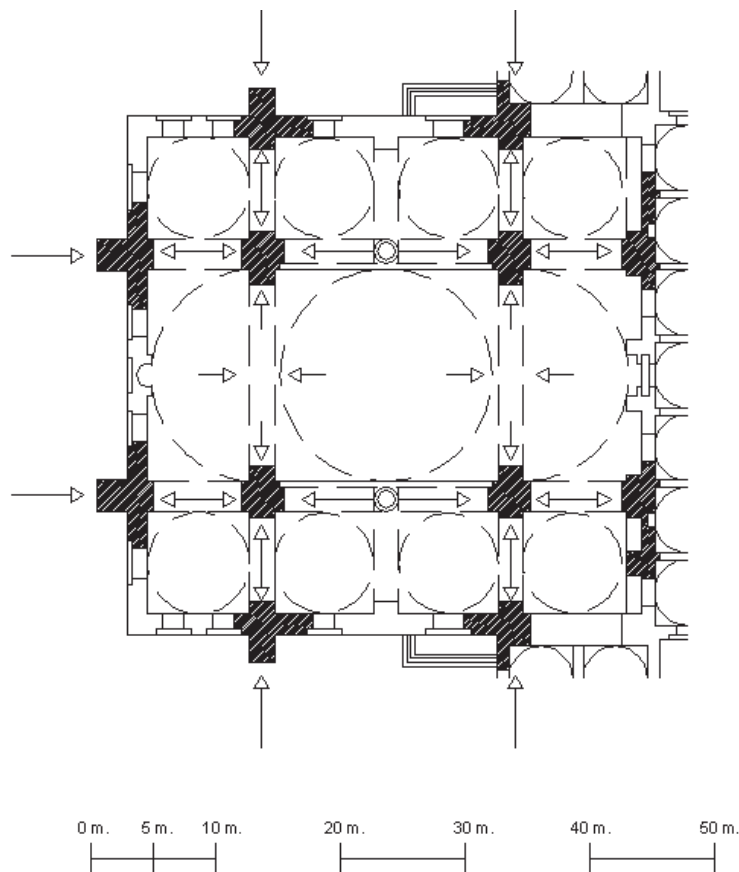


Fig. 70. Esquema básico de transmisión de cargas de la cúpula central de la mezquita de Bayaceto II. (Dibujo del autor).

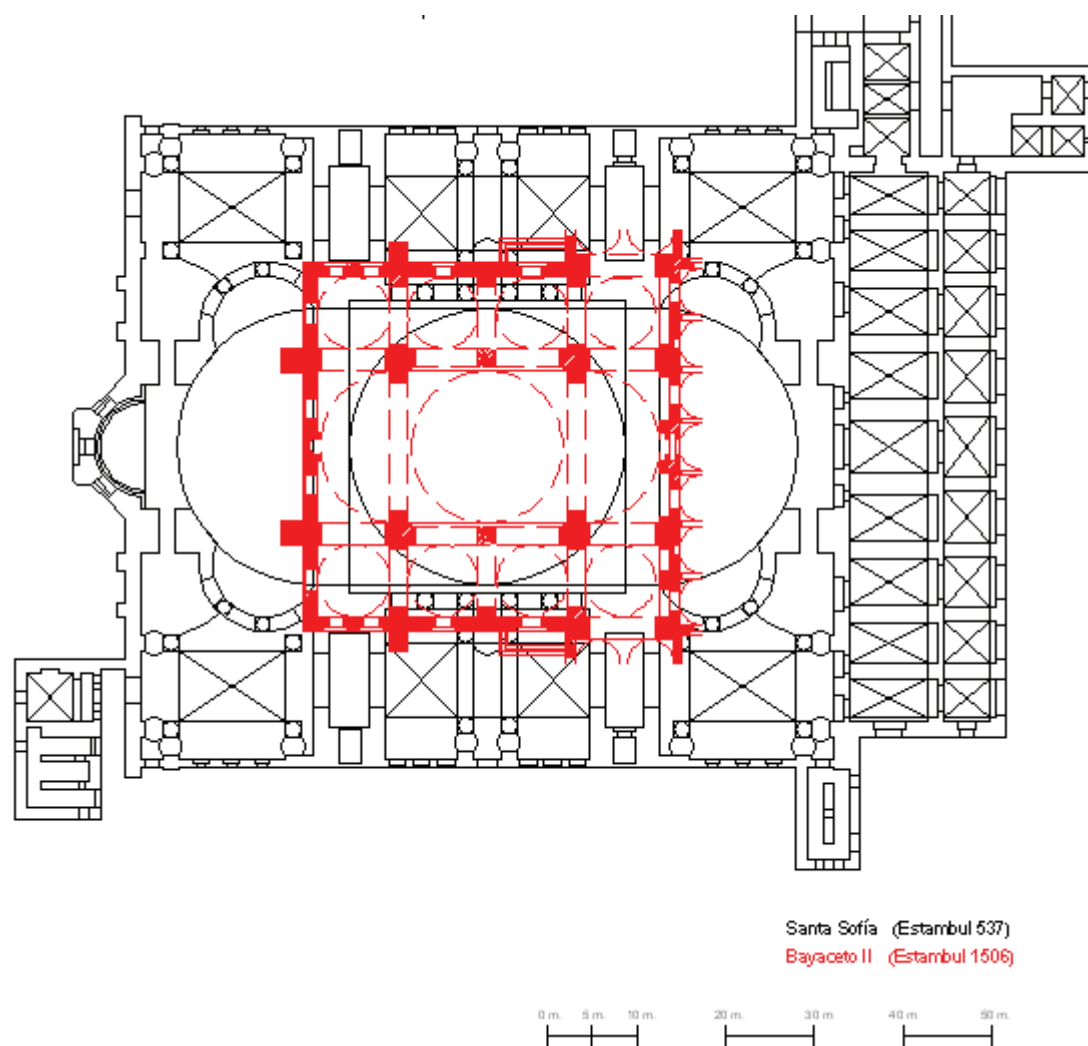


Fig. 71. Superposición comparativa de plantas a la misma escala de Santa Sofía (negro) y Bayaceto II camii (rojo), sin el patio. (Dibujo del autor).

En la comparativa de la figura anterior salta a la vista la excesiva precaución del autor de la Bayaceto II camii en su planteamiento ya que mil años antes se construyó la Gran iglesia que, como vemos, casi podría albergar bajo su cúpula la sala de oración entera de la mezquita.

Como se ve, se está recorriendo un camino que va puntualizando aspectos formales, tipológicos y constructivos y que partiendo de Santa Sofía está pasando por diversos tipos de mezquitas situadas tanto en la parte de la península de Anatolia con las mezquitas Selyúcidas, como en la parte occidental (concretamente Estambul) del Imperio Otomano y cuya construcción concluirá con el declive del Imperio de la Sublime Puerta. Podemos situar el momento de máximo esplendor del imperio coincidente con el mandato de Süleyman “El Magnífico” a partir de 1520 y que tuvo en Mimar Sinán a su arquitecto oficial.

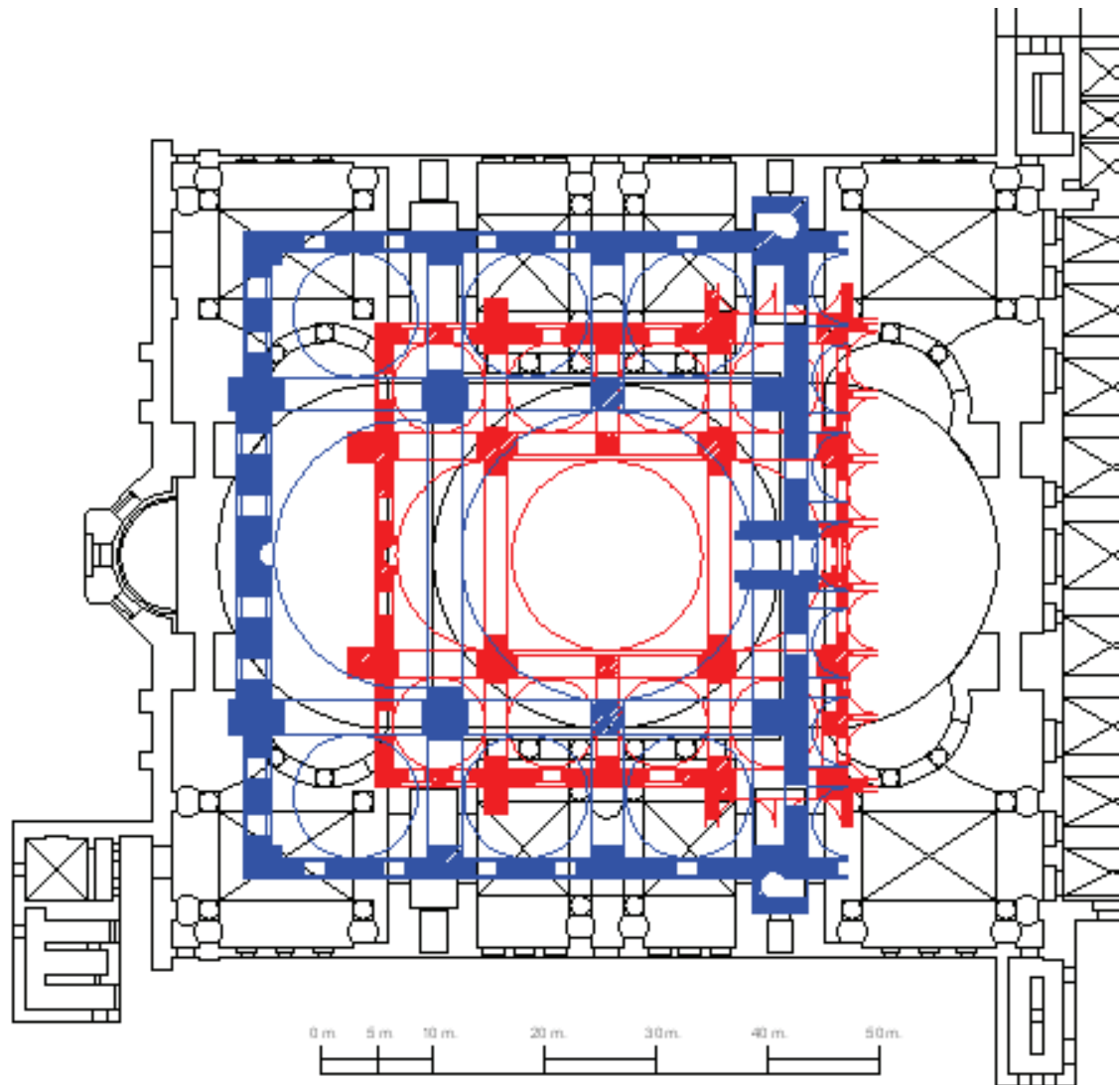


Fig. 72. Superposición comparativa de plantas a la misma escala de Santa Sofía (negro), Fatih camii (azul) y Bayaceto II camii (rojo) (sin el patio). (Dibujo del autor).

En la figura 72 se aprecia una comparativa de las plantas de las salas de oración de los tres edificios tratados anteriormente. En color negro aparece Santa Sofía, en color azul la Fatih camii y por último en color rojo la Mezquita de Bayaceto II. Es apreciable como iba disminuyendo el tamaño a medida que se avanzaba en el tiempo. Esto nos sigue dando una idea de lo que hasta principios del Siglo XVI seguía significando la gran obra de Justiniano del siglo VI.

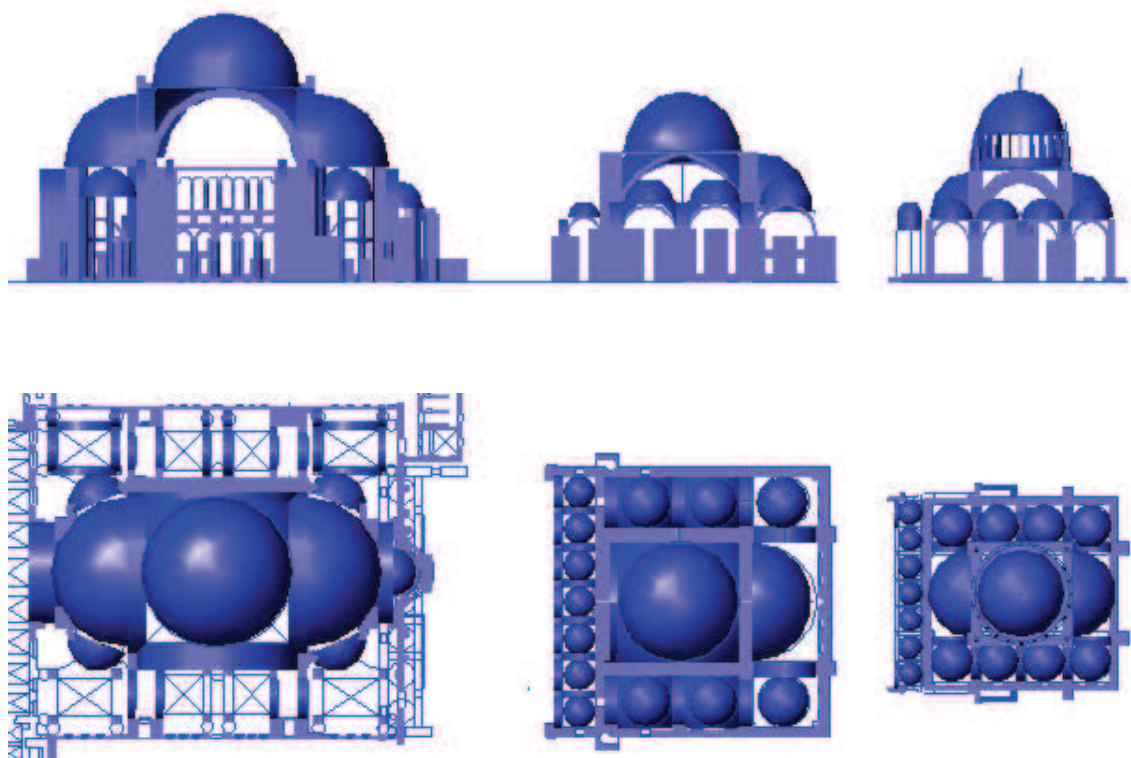


Fig. 73. Comparativa esquemática a la misma escala de Santa Sofía, Fatih camii y Bayaceto II camii, todas sin el patio. (Dibujo del autor).

Como colofón a esta primera aproximación entre Santa Sofía y las mezquitas otomanas y, resumiendo lo tratado en este apartado, hacer algunas reflexiones y consideraciones que se derivan del discurso de este capítulo.

El carácter de interioridad de las mezquitas primitivas se expresa, no únicamente por la carencia de ornamentación externa, sino también, por la ausencia de límites definidos.

Las mezquitas anatólicas de los Selyúcidas estaban techadas en plano y envueltas por paredes que sellaban su arquitectura interior casi por completo. En el siglo XV el arquitecto turco-otomano hizo descender los muros que hacían de pantalla para mostrar lo que había tras ellos. La interioridad dio lugar a un despliegue de transparencia hacia las zonas superiores; las relaciones espaciales encontraron una salida a través de las modulaciones de la estructura de la cubierta.

La cúpula es un modo excelente de producir un espacio lujoso. El arquitecto otomano nunca se cansó de experimentar con este potencial arquitectónico. Como se ha visto dos importantes mezquitas otomanas tempranas, la Ulu camii de Bursa (1396) y la Uç Serefeli en Edirne (1447), definen puntos críticos de inflexión en este proceso evolutivo.

En términos de evolución de la arquitectura clásica otomana, igualmente significativo era la integración del espacio. En el siglo XV, los arquitectos otomanos empezaron a buscar medios de contener grandes espacios con los mínimos soportes verticales posibles. (19)

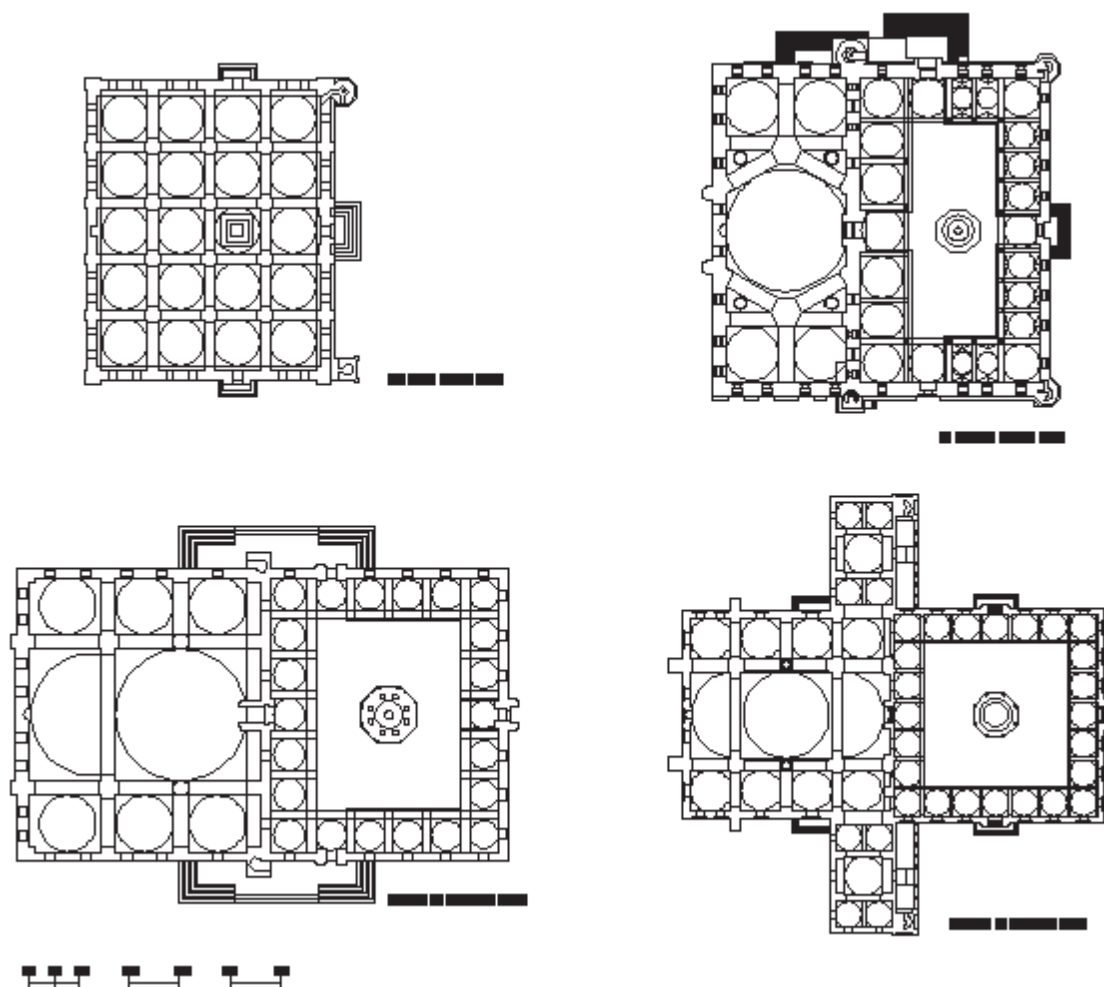


Fig. 74. Ulu camii (arriba izquierda), Uç Serefeli (arriba derecha), Fatih camii (abajo izquierda) y Bayaceto II camii (abajo derecha). (Dibujo del autor)

En una primera etapa, desviándose de la práctica selyúcida de utilizar una única cúpula delante del mihrab o una fila de columnas triples para producir un efecto espacial, cada nave de la mezquita tradicional se situaba bajo una cúpula.

(19). Aptullah Kuran. Sinán. El maestro de la arquitectura otomana. Monográfica Arte y Arqueología. UNIVERSIDAD DE GRANADA 1997. P.23. (Bibliog. nº 73)

En una segunda etapa, una cúpula de mayor tamaño se erguía en el centro de la sala de oración, y en la etapa final las naves menores que rodeaban el gran espacio central se integraban en uno, dos, tres o cuatro laterales bajo semicúpulas en el edificio, como se verá en las mezquitas de Sinán.

La Ulu camii de Bursa y la Uç Serefeli de Edirne ejemplifican la primera y segunda etapa respectivamente. La mezquita de Bayaceto II en Estambul es un ejemplo de la tercera. No hay que olvidar a la Fatih camii, pero a la original, no a la actual reconstrucción barroca. La original de 1470 sería también representativa de esta etapa que servirá de arranque a la de esplendor del siglo XVI en la que aparecen las llamadas mezquitas de los sultanes, y cuyo máximo exponente serán las realizaciones del gran maestro Sinán, también llamado el “Miguel Ángel otomano”.

	Alaüdine	Haci Ozbeck	Ulu camii	Eski camii	Uç Serefeli	Mehmet II	Bayaceto II
Lugar	Bursa	Iznik	Bursa	Edirne	Edirne	Estambul	Estambul
Fecha	1326	1333	1396	1414	1447	1470	1506
Tipología	Cupulada	Cupulada	Hipóstila cupulada	Hipóstila cupulada	Cupulada	Cupulada	Cupulada
Sistema cúpula	Sobre muros	Sobre muros	Soportes y muros	Soportes y muros	Sobre soportes	Sobre soportes	Sobre soportes
Sistema Contrarr.	Muros	Muros			Cúpula única	1 Semi-cúpula	2 Semi-cúpulas
Contraf.					En los muros	En los muros	En los muros
Soportes	Muros	Muros	12 3x3 m.	4 3x3m.	6 6.3x6.3 m.	2 3.5x3.5 m.	4 2x2 m.
Ø cúpula	5.80 m.	7.90 m.	20 cup. 9.00 m.	9 cup. 13.50 m.	26.10 m.	26.00 m.	17.00 m.
Tamaño	8.00x10.66 pórtico	9.53x12.4 pórtico	63x50 m.	45.6x45.6 + patio	66.5x64.5 con patio	46x33 m. + patio	37x37 m. + patio

Fig. 75. Tabla comparativa mezquitas. (Autor)

9. LA ARQUITECTURA DE SINÁN

Aunque ya se han apuntado someramente datos de la evolución de la arquitectura otomana en capítulos precedentes, no estaría de más ahondar en ello y más teniendo en cuenta que toda manifestación cultural de un pueblo, y la arquitectura lo es, hunde sus raíces en el pasado.

Habría de hablar de la formación de la arquitectura clásica otomana ya que en este período se producirán las obras del sin par Mimar Sinán, sin duda llamado justamente el Maestro de la Arquitectura Otomana.

La arquitectura otomana es la expresión clara y sencilla de numerosas influencias de Oriente y Occidente, quizá en esto radica su peculiaridad y sus características esenciales. Se desarrolló por medio de una serie de transformaciones culturales que comenzaron cuando el Islám se extendió por el Asia Central y las prácticas islámicas influyeron en el modo de construir de los turcos.

9.1. La mayor parte de los pueblos de las estepas de Asia Central y Siberia provenían de un origen geográfico común en los montes Altai, en Mongolia Occidental. (1) Así en la misma época que Atila invadía Europa, desde el corazón de Asia Central comenzaron a deslizarse hacia el oeste los primeros pueblos turcos, claramente identificados como tal.

Se conoce por “turcos” a toda una serie de pueblos originarios de las estepas de Asia Central que tienen en común la utilización de este idioma; no hay otras características físicas o culturales aglutinadoras. En el siglo V ya se tiene constancia de los primeros turcos denominados “orientales”: los Kuirguizos en el curso superior del río Yeniséi, en Siberia, que eran indoeuropeos turquizados.

En el año 546 los turucos (primeros turcos históricos) conquistaron Mongolia y luego, aliados con los persas sasánidas formaron el primer reino turco, tan vasto que limitaba con cuatro grandes civilizaciones: Bizancio, Persia, India y China. Pero los chinos lograron partir el denominado janato turuco en dos mitades, oriental y occidental en el año 582. Aquella logró recuperarse y reunificar las tribus en el segundo gran Imperio turco (682-745).

Los califas abasíes, que a partir del siglo VIII había llevado el poderío musulmán a su apogeo, empezaron a reclutar tropas en los mismos territorios conquistados para consolidar esta expansión. La guardia de esclavos turcos llegó a ser un poderoso cuerpo del ejército musulmán y se convirtieron en elemento central del ejército abasí.

(1) Para conocer en profundidad y con una autentica certeza cronológica los orígenes y desarrollo del pueblo turco es recomendable referirse a la obra de Francisco Veiga Rodríguez, que en su libro *El Turco, diez siglos a las puertas de Europa* (Ed. Debate, noviembre 2006) hace un exhaustivo recorrido por la historia del pueblo turco y otomano. Esta obra repasa más de diez siglos de historia y vida, intentando ver las claves que deberían propiciar el reencuentro de Europa y Asia. (Bibliog. nº 117)

El episodio fundamental de este devenir histórico en la presente tesis es la penetración turca en Anatolia (1054-1073).

El medio físico de Anatolia era mucho más apetecible que las duras estepas kazajas o los desiertos del Kizil Kum o el Kara Kum. Anatolia estaba poblada por cristianos a los que los árabes y los turcos denominaban colectivamente con el calificativo de “rum”. Tugrul Bey (Bey sería el equivalente a Señor, en términos medievales) nieto de un líder selyúcida (1030) se asentó en esta nueva tierra para convivir simbióticamente con el califato abasí.

En 1059 los turcos penetraron hacia el interior del territorio bizantino hasta llegar a la ciudad de Sebastea (Sivas). En 1066 se hicieron con los pasos que franqueaban sus montes, y tras penetrar en Capadocia, saquearon la capital de la región: Cesarea (Kayseri). A esta siguieron otras incursiones y en 1068 cayó la ciudad de Iconium (Konya).

La contención turca de los cruzados y el asentamiento de los Selyúcidas en Asia Menor se produce entre 1085 y 1240, constituyéndose estos en el “músculo del Islám”.

El sultanato de Rüm vivía una gran efervescencia social y cultural, que incorporaba a griegos y armenios cristianos de distintas tendencias. No es de extrañar que apareciera en Anatolia una arquitectura autóctona, inicialmente sólida y casi fortificada, pero directa y emocionante. Se empiezan a realizar mezquitas con minaretes que recuerdan el espíritu del románico cristiano, sobre todo en las bóvedas de cañón de las plantas basilicales. Hay influencias bizantinas y ejecuciones árabes. Tampoco faltan arquitectos griegos que se prestan a edificar templos selyúcidas.

En las primeras décadas del siglo XIII se estaba empezando a consolidar la arquitectura selyúcida. Esta era un arte de canteros, pero también aportaba soluciones originales como el “triángulo turco” propio de los Selyúcidas de Rüm, que resolvía el difícil problema planteado en los ángulos de un edificio con cúpula. La originalidad consistía en huir de las fórmulas clásicas ideadas por los romanos, a base de trompas en las esquinas o pechinas para sustituirles con una superficie triangular con lados rectilíneos. (2)

Por lo tanto, Anatolia era la estación final de un viaje milenario desde las estepas. A pesar de la pervivencia de armenios y kurdos o griegos, por primera vez en la historia era territorio turco.

(2) Henri Stierlin. *Turquia. De los Selyúcidas a los otomanos*. Taschen, Arquitectura mundial, Colonia-Barcelona, 1999. P. 34.

En él ya se hablaba el turco como lengua corriente; se desarrollaba una religiosidad popular y una arquitectura autóctona, pero todavía faltaba que esa cultura en suspensión catalizase como un todo. El sultanato de Rüm era un estado turco aferrado a la tierra que ocupaba; ya no habrá más dispersión por los cuatro vientos de las estepas.

Mientras tanto otro suceso tuvo lugar en las estepas. Los ejércitos de Gengis Jan (Gengis Khan) habían asestado un golpe demoledor al islám en Asia Central, aniquilando en una veloz campaña al mayor Imperio musulmán de la época. En cualquier caso, aunque vasallo de los mongoles el sultanato de Rüm sobrevivió hasta principios de siglo XIV. Así fue como el último estado selyúcida fue desmoronándose por fases. Ciertamente cuando Bagdad sucumbió a los mongoles en 1259 el antiguo sultanato de Rüm era un vasallo de los mongoles y la verdadera potencia sucesora del islam parecía ser el Egipto gobernado por los turcos mamelucos. Sin embargo, más al norte, en la postrada Anatolia, de las cenizas del sultanato selyúcida de Rüm iba a surgir el último gran Imperio musulmán.

A comienzos del siglo XIV, el islám parecía abocado a la extinción, tras morir el último gran califa de Bagdad. En Anatolia también el poder político de los selyúcidas estaba definitivamente quebrado.

Entre 1291 y 1330 se produce la desintegración final del sultanato de Rüm y el auge del beylik (marca fronteriza) de Osman.

El sultanato de Rüm nunca había sido un estado fuertemente asentado sobre una centralización eficaz. Pero los últimos años del siglo XIII fueron los de su desintegración final. Las ciudades sobrevivían como podían al enemigo, bien defendidas por notables locales o por refuerzos mongoles. Este enemigo eran los clanes turcomanos, que dominaban ya regiones enteras de Anatolia hasta el punto de constituir verdaderos principados.

En líneas generales, los turcomanos quedaron relegados a la periferia Anatolia, mientras la autoridad selyúcida y mongola controlaban el centro y las vías de comunicación y ciudades importantes. Pero desde 1261, conforme la autoridad central se descomponía los mongoles y selyúcidas no eran capaces de asegurarlas; los turcomanos fueron llenando este vacío.

Así fue como los turcomanos, contemplados despectivamente por el desaparecido poder selyúcida y las poblaciones urbanas tan influidas por la cultura persa, marcaron su impronta en el corazón de Anatolia.

El matiz más visible de la nueva Anatolia postselyúcida y mongola fue el surgimiento de una serie de principados turcomanos que en el remoto confín occidental sustituyeron a los antiguos beyliks, frente al Imperio Bizantino. Los beyliks turcomanos eran pequeños protoestados patrimoniales, en los cuales el mismo estado y sus sujetos eran contemplados como patrimonio de la dinastía

El pequeño núcleo de la gente de Osman, con centro en la pequeña ciudad de Söğüt, un principado turcomano como los demás, iba a crecer hasta devenir en el último gran Imperio musulmán de la historia en poco más de un siglo.

El estado osmanlí llevaba el nombre de su fundador: Osman. En árabe, ese nombre se transforma en Utmän, que por la transcripción al alfabeto latino corriente se convierte fácilmente en Othman u Otman; de ahí proviene otomano. Todavía se estudia que fuerza motriz se escondía en aquel reducido corpúsculo de turcos olvidados en la esquina occidental de Anatolia.

Dado que el otomano fue el último gran imperio musulmán; el mito fundacional, asociado a la guerra santa con los bizantinos cobra una especial relevancia. Por otra parte, ¿qué otra explicación existe para el tremendo empuje de los osmanlíes, que en un siglo y medio iban a construir un Imperio y conquistar Constantinopla?. La fuerza de la devoción religiosa como reacción contra las cruzadas del infiel parece suministrar una explicación coherente con la grandeza de los resultados.

En 1326 los guerreros osmanlíes lograrían capturar Bursa. Nicea (Iznik) fue tomada por las fuerzas de Orhan, hijo de Osman, en 1331 y dos años más tarde se hicieron con Nicomedia. Así, los otomanos quebraron el poder bizantino en la rica Anatolia y sus tropas se asomaron a las costas del mar de Mármara.

Murad I, segundo hijo de Orhan tomó el relevo de este y tras conquistar la ciudad de Edirne traslado a ella en 1365 la capital del emirato.

Bayaceto I sucedió a su padre Murad (1390) y con él el Imperio Otomano fue el primer estado que logró organizar un ejército numeroso y permanente en Europa desde los tiempos del Imperio romano.

Respecto a Constantinopla, Bayaceto I continuo la misma táctica que su padre; el bloqueo. Pero en la primavera de 1394 puso sitio a la ciudad. Este se prolongaría ocho años más, hasta la misma muerte del sultán.

Mehmet I sucedió a Bayaceto tras una guerra civil llevada a cabo entre los hermanos de este e hijos de aquel. Parece ser que su poder duro desde 1413 hasta 1421. Mehmet I restauró las relaciones con los bizantinos, construyó fortalezas, aseguró las fronteras y embelleció las ciudades. También fue el primer sultán que puso esmero en crear una flota propia, pensada para contrarrestar el poder de esa potencia marítima que era Venecia.

Mehmet I murió en 1421 y la noticia se mantuvo en secreto hasta que el hijo designado para sucederle, Murad II llegó desde la ciudad de Amasya para

tomar el poder. Murad II (bajo cuyo mandato se construyó la Uç Serefeli) llegó al trono bajo el agitado signo de los tiempos, con un estado otomano todavía no suficientemente consolidado. No le faltaba experiencia de gobierno, pues mientras su padre estuvo en el poder, él ofició como gobernador de Anatolia. Las buenas relaciones que su padre había mantenido con Bizancio se resquebrajaron. Murad sitió, de nuevo, Constantinopla en junio de 1422. Por entonces los ejércitos otomanos ya solían utilizar artillería, pero esta se reveló insuficiente contra la ya legendaria fortaleza de las murallas de la ciudad. En agosto se comprobó que el asalto había fracasado.

Por otra parte el frente europeo del Imperio otomano también se mantenía activo; Transilvania, Valakia, Hungría, Serbia...

Murad II dispuso su abdicación en el verano de 1444 y traspasó el poder a su hijo Mehmet II. Sin pretender hacer de él un príncipe del Renacimiento, parece evidente que el joven Mehmet II no dejaba de ser un hombre de su época. Su cuidada educación, el correcto dominio de las lenguas más importantes de aquel tiempo, incluyendo el griego y el hebreo, su curiosidad por la religión cristiana y su interés por traducir algunas obras occidentales hacían de él un sultán diferente a sus predecesores. Era un verdadero hombre de estado con mentalidad imperial: quizá el mejor dirigente otomano hasta la fecha.



Fig. 1. El Imperio Otomano antes de la toma de Constantinopla. (Veiga).

El plan de Mehmet II era tomar Constantinopla y descabezar definitivamente un Imperio bizantino del cual apenas quedaban algunos jirones dispersos. Por otra parte, era evidente que la posesión de Constantinopla le aportaría al estado otomano una capitalidad que supondría centralidad geoestratégica y lo convertiría en un Imperio heredero del romano. Con ello el mismo Mehmet obtendría un nuevo estatus, totalmente diferente al de sus antepasados. Pero sobre todo la caída de la capital bizantina ayudaría poderosamente a congregar al islám en torno a los turcos otomanos.

Tras el último asedio, en las primeras horas de la mañana del 29 de mayo de 1453, los turcos penetraron en la ciudad. Por la tarde, ya terminado el preceptivo saqueo, el joven sultán, que desde entonces asumió el sobrenombre de Fatih o “Conquistador”, accedió a la ciudad escoltado por la guardia. Entró en Santa Sofía, manifestó su deseo de transformarla en mezquita, puso bajo su protección a los sacerdotes supervivientes y visitó el antiguo sacro palacio.



Fig. 2. El Imperio Otomano “universal” en el siglo XVI. (Veiga).

Tras la conquista, Mehmet II impulsó un ambicioso plan de reconstrucción de Constantinopla. Llegaron artistas de varias partes de Italia, pero fueron sobre todo los florentinos los que mantuvieron una relación privilegiada con el sultán, especialmente los Medicis.

Su acusada vocación occidentalista se puso de manifiesto en mayor medida con la construcción del palacio imperial de Topkapı, iniciada en 1460.



Fig. 3. Planta del conjunto del palacio de Topkapi. (Yerasimos).

Mehmet contactó con discípulos de León Baptista Alberti, que con su Templo Malatestiano, en Rímini había edificado una iglesia renacentista que más parecía un templo clásico que católico. Tal “estilo internacional” complacía a Mehmet II y de ahí su invitación a Mateo de Pasti, Filarete y Michelozzo para que aportaran influencias italianas, pero también islámicas, griegas y romanas.

Por otra parte, la edificación de la basílica de San Pedro, iniciada en 1506, parece haber estado inspirada en Santa Sofía de Constantinopla, transformada por entonces en mezquita. Los planos originales parecían buscar inspiración en los templos orientales.

A Mehmet II (1480) le sucedió su hijo Bayaceto II. Bayaceto desempeñó un papel histórico determinante. Aunque haya quedado como un sultán tirando a secundario entre figuras de la talla de Mehmet II, Selim I o a Süleyman I, que en Europa se conoció como Solimán el Magnífico, Bayaceto II logró encontrar el tiempo y la calma que sirvieron para nivelar el terreno sobre el cual aquellos que le sucedieron convirtieron el estado otomano en uno de los más grandes imperios mundiales.

Selim I continuó la obra de su padre Bayaceto II y transformó la esencia del Imperio otomano. Hasta entonces básicamente europeo, con unas fronteras casi calcadas sobre las del desaparecido Imperio bizantino y con su epicentro político en los Balcanes, se había transformado en una nueva entidad que

incorporaba a la casi totalidad de los pueblos árabes del Próximo Oriente. Con Selim el imperio se “orientalizó” y por primera vez en su historia –fenómeno paradójico- la mayor parte de la población devino musulmana.

Sucediendo a Selim I, con Süleyman o Solimán El Magnífico (1520-1566) el Imperio otomano llegó a su máximo apogeo territorial. Es este el momento de Mimar Sinán ya que fue nombrado arquitecto real por el mismísimo sultán en 1538. La prolífica obra de Sinán se extenderá bajo el mecenazgo de Solimán y posteriormente de Selim II y Murad III, siendo el autentico momento de esplendor de la arquitectura clásica otomana.

Se ha trazado, hasta aquí, un recorrido cronológico sobre la formación del Estado Otomano desde sus orígenes allá sobre el siglo VI hasta el momento de su máximo esplendor en el siglo XVI. Esto ha servido para intentar aglutinar todas las influencias, y tendencias que forjaron su consolidación como Estado.

Todos los pueblos que ha ido siendo el sustrato de la civilización otomana han aportado datos en el devenir de su consolidación. Es patente que las manifestaciones culturales y artísticas de un pueblo son el sumatorio de muchos aspectos que enraízan en el pasado y desarrollan sus hojas en su presente. Esto no va a ser una excepción en la formación del Imperio otomano durante más de 1000 años, desde las primeras tribus de las estepas hasta el estado consolidado por los grandes sultanes del siglo XV y XVI.

La superposición de pueblos de distinto origen geográfico no hacen sino enriquecer una cultura. Una cultura que demostró un importante poder de asimilación como fue la islámica y por ende la otomana.

Desde influencias de Asia Central, sasánidas, mongolas, abasíes, selyúcidas, griegas, bizantinas, cristianas, renacentistas y, por supuesto, musulmanas, los otomanos tomaron, al fin su propio camino, sus propias señas de identidad. Sus manifestaciones artísticas, y sobre todo arquitectónicas, convirtieron a la actual Estambul en una ciudad única, en la que su horizonte se ve recortado por cúpulas y minaretes de las innumerables mezquitas que jalonan sus barrios.

La figura del arquitecto de la corte Mimar Sinán será clave en la recién consolidada arquitectura de la época del sultán Süleyman. Mimar Sinán, conocido como el Miguel Ángel otomano realizó casi toda su impresionante obra (algunas fuentes históricas datan más de 470 edificios atribuibles a él) en Estambul y sus alrededores en los momentos álgidos del Imperio. Aparte de para Süleyman trabajó para sus sucesores Selim II y Murad III.

La figura de este insigne arquitecto, sobre el que radica gran parte de esta tesis será merecedora de un capítulo aparte.

El canto de cisne o colofón de este tipo de arquitectura llamada de mezquitas de los sultanes fue la construcción de la Mezquita Azul o mezquita del sultán Ahmet llevada a cabo entre 1609 y 1617 por el arquitecto real Mehmet Avu Aga.

Posteriormente se entró en un declive del Imperio, que en lo que respecta a la arquitectura se le llamó “Periodo de los Tulipanes” constituyéndose en un período definitivamente barroco, no volviéndose a levantar las imponentes mezquitas del siglo anterior.

Otro aspecto a resaltar es la afinidad cronológica de las mezquitas de los sultanes con el periodo de las catedrales renacentistas italianas, sobre todo la de Florencia y la de San Pedro. Resulta chocante que aunque están datados históricamente contactos artísticos y culturales entre ambas partes de Europa no aparece una interrelación entre unas y otras realizaciones.

En Europa occidental se siguen modelos derivados del gótico, pero la arquitectura de la Europa oriental sigue su propio camino, un camino que como se ha visto tiene clarísimas referencias del oriente medio y del oriente próximo, en modos, materiales y maneras.

Hay una clara diferenciación entre cúpulas occidentales y cúpulas orientales. La evolución formal tiene que ir de la mano, y de forma inseparable, del conocimiento de los materiales y de los avances en el campo de la mecánica y las estructuras.

Conceptos como cargas, tensiones, sollicitaciones, empujes, líneas de esfuerzo, etc. están sobradamente estudiados y contrastados en la actualidad, dando validez a la mecánica vectorial que ilustró el siglo XIX, pero no puede olvidarse que son aportaciones recientes en la historia milenaria de la arquitectura. Los edificios antiguos, o los que denominamos como tales, es decir los construidos sin las herramientas del cálculo actual, a diferencia de los actuales basados en el concepto de rigidez, fruto de la manera de medir, y analizar, fueron realizados solo con experiencia, con materiales de trabajo a monotensión (compresión). Con esta consideración cada cultura arrancó de sus oficios tradicionales. Sabido es que la bóveda y la cúpula son elementos importados por la Roma antigua de oriente medio, y es esta sabiduría oriental la que ilustró edificios referenciales en la historia de la arquitectura como el

Panteón, edificio romano del siglo II realizado por un constructor oriental, Apolodoro de Damasco, edificio record en luz de fábrica, todavía en pie, casi con inexistentes patologías, sin otro mecanismo que no sea la traslación de cargas al suelo con una sabia distribución de las mismas y una astuta distribución del empuje a lo largo de sus trabajados muros.

Del siglo VI es Santa Sofía, segundo referente fundamental en la historia de la arquitectura, realizada por constructores orientales, Artemio de Tralles e Isidoro de Mileto, como edificio cristiano, e incorporado al Imperio Otomano a partir del siglo XV. Edificio este de profunda factura oriental en donde los paralelismos con el anterior se hacen notorios, ambos unen su perfección técnica que les ha hecho como ningún otro llegar a nuestros días, el hecho de no tener otros recursos que el traslado del empuje al suelo con el contrafuerte adecuado y el control del peso propio.

En el siglo XVI, Mimar Sinán Pacha (1491-1588), arquitecto de origen cristiano que trabaja como arquitecto oficial del sultán Solimán I el Magnífico, Selim II y Murad III, realizó solo en la península de Anatolia hoy Turquía, la no desdeñable cantidad de 131 mezquitas y 346 edificios. Edificios inspirados en el edificio cristiano de Santa Sofía pero que, a su vez, inspirará toda la arquitectura otomana de sus seguidores en los siglos XVI y XVII. Ante la obra oriental protagonizada por este arquitecto, solo cabe la sorpresa, al comprobar la excelencia en la capacidad de utilización de recursos técnicos, todas sus mezquitas son parecidas, pero diferentes. Todas con bóvedas pero con sistemas de apoyos diversos, pese a conocer a Palladio y los sistemas de construcción occidentales basados en el zuncho y el tirante.

Sorprende todavía más el hecho de que Miguel Ángel y toda la pléyade renacentista del cinquecento, siguieran desde 1550 el modelo de bóveda con tambor, que se impuso de manera triunfante en San Pedro, basado en el tirante como recurso para levantar la bóveda del crucero de los templos y con la linterna dar luz al mismo, sin tener en cuenta los modos de construir orientales. Sistema lleno de argucias mecánicas, como los zunchos y tirantes de forja que el tiempo los ha hecho fracasar, en un ciclo de vida no superior a 200 años, ya que hacia 1740 la cúpula vaticana debió de ser reparada por el arquitecto papal Vanvitelli a instancias del ingeniero G. Poleni

La contemporaneidad de Miguel Ángel y Sinán, merece una reflexión lejos de la valoración de la obra de ambos, reconocida suficientemente por la cultura universal, aún y cuando la arquitectura oriental no consigue la luces record del edificio Vaticano, si está próximo a ellas, e incluso su sistema constructivo apunta en ocasiones a superarlas. El Panteón tiene 43.30 m., y santa Sofía es un espacio cupulado de 66x33 m, siendo el diámetro de la cúpula de 31.00 metros.

Resulta más que evidente que el maestro Sinán siguió su propio camino, un camino cimentado en una rica tradición oriental, y evidentemente, marcado por unos preceptos religiosos distintos a los profesados en la Europa occidental. Posiblemente este hecho y la carga cultural de siglos sean unos de los motivos esenciales de esta disociación.

El primer edificio específico del islam fue obviamente la mezquita. La palabra mezquita deriva de la palabra árabe “masjid”, que deriva del verbo “sajda” cuyo significado es “postrarse”. Por otra parte y, si bien en un principio el cristianismo rechazó las tradiciones paganas greco-romanas, la arquitectura cristiana reviviría pronto la práctica de la expresión externa en sus edificios. Esto llegó a su culmen en la Europa noroccidental en el siglo XIII con las elevadas catedrales góticas que dirigían los pensamientos del orador hacia las alturas.

El carácter de interioridad de las mezquitas primitivas se expresa, no únicamente por una carencia de ornamentación externa, sino también, por la ausencia ocasional de límites definidos.

Como ya se ha evidenciado en apartados anteriores las mezquitas anatólicas de los selyúcidas estaban envueltas por sólidas paredes que sellaban su arquitectura interior casi por completo.

Pero en el siglo XV el arquitecto turco-otomano hizo descender los muros que hacían de pantalla para exponer lo que había detrás de ellos. La interioridad dio lugar a un despliegue de transparencia hacia las zonas superiores; las relaciones espaciales encontraron una salida a través de las modulaciones de la estructura del tejado.

La cúpula es un modo excelente de producir un espacio lujoso. Desde el principio intrigó al arquitecto otomano, que nunca se cansó de experimentar con este potencial arquitectónico, elemento clave en el devenir de la presente tesis.

Dos importantes mezquitas otomanas tempranas, sobradamente analizadas en este estudio, la Ulu Camii de Bursa y la Uç Serefeli de Edirne definen puntos de inflexión críticos en este proceso evolutivo. No se ha de olvidar que primero Bursa y después Edirne fueron las capitales del Imperio otomano antes de la definitiva Constantinopla que llamaron Estambul.



Fig. 4. Emplazamiento de las capitales otomanas

En el siglo XV, los arquitectos otomanos empezaron a buscar medios de contener grandes espacios con los mínimos soportes verticales posibles.

Este resulta el hecho fundamental del que se derivará el resto de la arquitectura clásica otomana y que manejó como nadie Mimar Sinán. En efecto, el buscar la diafanidad interior obligó a trabajar en la dirección del edificio cupulado por antonomasia. Es más, en buscar la cascada de cúpulas como elemento de contrarresto. El sistema estructural es un todo, las cargas de la cúpula principal se van apeando en las subsiguientes cúpulas auxiliares hasta el suelo. Y se ha explicado que es un nuevo concepto estructural que posibilita una nueva arquitectura.

Aunque formalmente se caiga en la tentación de considerar a Santa Sofía como un edificio en esta línea, no hay que olvidar que se trataba de un edificio de planta basilical rematado por una cúpula en la nave central.

A partir de aquí, pues, los arquitectos otomanos evolucionaron en tres etapas. En la primera, desviándose de las prácticas selyúcidas de utilizar una única cúpula delante del mirahb o una fila de cúpulas triples para producir un ejemplo espacial, cada nave de la mezquita tradicional se situaba bajo una cúpula. Claro ejemplo de esta etapa es la Ulu camii de Bursa.

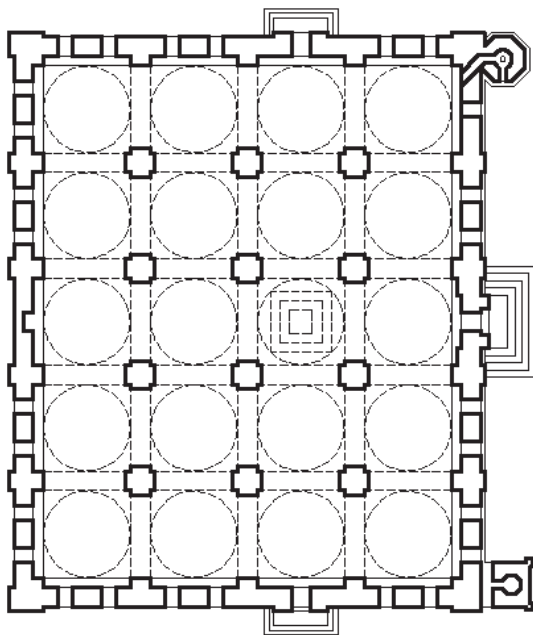


Fig. 5. Ulu camii Bursa (1396).Planta. (Dibujo del autor)

En la segunda etapa, una cúpula de mayor tamaño se erguía en el centro de la sala. Ejemplo de esto es la Uç Serefeli de Edirne.

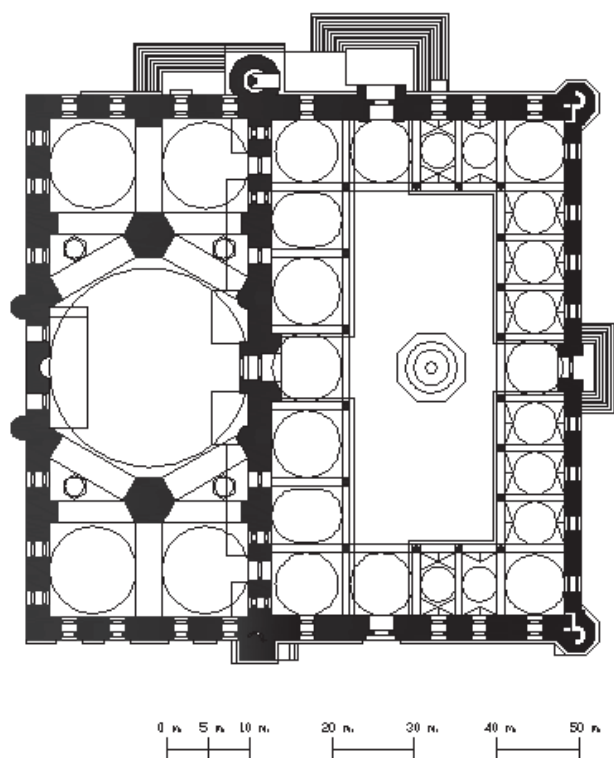


Fig. 6. Uç Serefeli. Edirne (1447).Planta. (Dibujo del autor)

En la etapa final, las naves menores que rodeaban el gran edificio central se integraban en uno, dos, tres, o cuatro laterales bajo semicúpulas en el edificio. La mezquita de Bayaceto II en Estambul sería un ejemplo de esta etapa.

Desde el comienzo, la cúpula ha sido la característica clave de la arquitectura otomana. Pero hasta el período clásico había tenido un papel de enriquecimiento del edificio, nunca de dominio sobre él. Únicamente después de que el concepto de centralidad se convirtiera en parte del sistema social otomano, tuvo lugar un cambio radical y la cúpula cobró un papel dominante sobre todo lo demás. La centralización del espacio bajo la cúpula única reforzó la verticalidad. La verticalidad causó un incremento de la superficie de las paredes externas. Un incremento de las superficies de las paredes externas necesitaba de articulación para evitar la monotonía. Una articulación de los muros externos llevó naturalmente a la externalización.

La enorme cubierta apoyada en pechinas, torres y contrafuertes mostró el poder político de la casa Osmán visualmente. Los arquitectos otomanos, reforzados por su herencia bizantina, integraron los preceptos de la interioridad islámica con la exterioridad greco-latina para producir una arquitectura

universal. Todo esto alcanzó su cenit durante el tercer cuarto del siglo XVI en los trabajos de un jenízaro convertido en arquitecto. Su nombre era Sinán ibn Abdülmennan.



Fig.7. Sinán ibn Abdülmennan.

9.2. Sinan ibn Abdülmennan (otomano turco: آغا سنان معمار خوجه), más conocido como el Mimar Sinán (mimar significa arquitecto), nació en torno al año 1497 o 1498 (se tienen evidencias de que provenía de Capadocia, concretamente de un pueblo llamado Akdâg) y murió en 1588. Fue, por lo tanto, contemporáneo de Vignola, Palladio, Miguel Ángel o Juan de Herrera. Su calidad e influencia en los arquitectos musulmanes de la época es comparable a los citados dentro del ámbito cristiano. Se sabe que Sinán era de origen armenio, y nació como cristiano, aunque después fue convertido y educado como musulmán.

En 1538, Sinán fue nombrado arquitecto principal de la corte. Desempeñó su oficio durante medio siglo en los reinados Solimán el Magnífico (1520-1566), Selím II (1566-1574) y Murat III (1574-1595), durante el apogeo de la riqueza y el poder otomanos. Su mérito está acreditado por cientos de edificios, siendo algunos de ellos los mejores de su tipo en todo el mundo. Su nombre, aunque desgraciadamente poco conocido para las culturas occidentales, es sinónimo de arquitectura clásica otomana.

Para sus contemporáneos, él era Koca, “el gran y viejo” Sinán; para las generaciones de arquitectos otomanos que siguieron sus pasos, hasta que en el barroco desaparecieron sus huellas, él era el “Gran Maestro”, el símbolo de la cultura clásica turca.

Durante su estancia en el ejército como jenízaro (cuerpo de élite de las tropas de los sultanes) sus múltiples expediciones le dieron la oportunidad de visitar grandes ciudades de Asia y Europa con lo cual no sería erróneo aventurar que

habría examinado los edificios históricos existentes en las rutas de las campañas.

Sinán era un genio arquitectónico, pero incluso él no podría haber conseguido lo que perseguía sin práctica ni experiencia. Durante sus años en la compañía de cadetes, Sinán fue sin duda designado para trabajar en la construcción y también fue adiestrado como carpintero. Durante estas campañas fue adquiriendo experiencia en la construcción erigiendo o reparando puentes, fortalezas y estructuras militares auxiliares.

Aunque se le atribuyen casi medio millar de edificios (tablas I y II), los edificios más tempranos que pueden atribuirse definitivamente a Sinán son la pequeña Üçbas mescid en Karagümrük (1531), la Mushine mescid en Kumkapi (1533) y la vieja mezquita de Kasim Pasa (1534).

A continuación se muestran unas tablas en las que se hace referencia a la prolífica obra de Sinán. Estas tablas están elaboradas a partir de fuentes documentadas, manuscritos de la época. Evidentemente pueden aparecer errores en cuanto a adscripciones, y fechas. Se han tomado como referencia tres manuscritos que se consideran los más importantes; Tezkiretü'l Bünyan, Tezkiretü'l-Ebniye y Tuhfetü'l Mi'marin (3)

Tabla I

Código de grupo	Tipo de edificio	Número de edificios			Manuscritos en los que se registra			TOTAL
		TB*	TE*	TM*	tres	dos	uno	
I	Mezquita	81	84	102	80	2	25	107
II	Mescid	50	52	46	45	6	1	52
III	Tumba	19	22	40	16	4	25	45
IV	Madraza	61	63	70	58	4	12	74
V	Darü'l-Kurra	7	7	8	7	0	1	8
VI	Mekteb	0	0	6	0	0	6	6
VII	Tekke	0	0	6	0	0	6	6
VIII	Darü'ş-şifa	3	3	3	3	0	0	3
IX	İmaret	16	18	21	15	0	7	22
X	Caravasar	17	20	27	14	15	12	31
XI	Palacio	33	35	28	24	10	4	38
XII	Pabellón	0	0	5	0	0	5	5
XIII	Almacén	6	8	6	5	2	1	8
XIV	Baño	37	52	40	35	5	16	56
XV	Puente	8	8	7	6	2	1	9
XVI	Acueducto	6	6	7	6	0	1	7
TOTAL		344	378	422	314	40	123	477

(*) TB = Tezkiretü'l-Bünyan

TE = Tezkiretü'l-Ebniye

TM = Tuhfetü'l-Mi'marin

(3) Esta tabla y la siguiente son fruto del trabajo de investigadores turcos y que recoge en su libro Aptullah Kuran; "Sinán. El Maestro de la Arquitectura Otomana". pp. 38 y 39.(Bibliog. nº73).Aptullah Kuran es una autoridad en arquitectura otomana. Se graduó en Estambul y estudió en la Universidad de Ankara. Hasta su fallecimiento (2002) estuvo ligado a la Universidad Bogacizi de Estambul. Para datar la obra de Sinan se hace referencia a tres manuscritos que son Tezkiretü'l Bünyan, Tezkiretü'l-Ebniye y Tuhfetü-Mi'marin. Manejados también por Gurlü Necipoglu en sus libros sobre Sinan. (Bibliog. nº 96)

Tabla II

<i>Código de grupo</i>	<i>Tipo de edificio</i>	<i>Sin identificar</i>	<i>Perdido</i>	<i>Reconstruido</i>	<i>Ruina</i>	<i>Existente</i>	<i>Total</i>
I	Mezquita	4	16	23	2	62	107
II	Mescid	1	29	12	2	8	52
III	Tumba	7	7	1	1	29	45
IV	Madraza	4	31	2	5	32	74
V	Darü'l-kurra	0	3	1	0	4	8
VI	Mekteb	1	0	0	0	5	6
VII	Tekke	1	1	2	0	2	6
VIII	Darü's-sifa	0	0	1	0	2	3
IX	Imaret	2	11	1	1	7	22
X	Caravasar	2	9	3	6	11	31
XI	Palacio	4	32	0	0	2	38
XII	Pabellón	0	4	0	0	1	5
XIII	Almacén	0	6	0	0	2	8
XIV	Baño	5	24	6	8	13	56
XV	Puente	0	0	0	0	9	9
XVI	Acueducto	0	0	0	0	7	7
TOTAL		31	173	52	25	196	477

Como puede apreciarse en esta tabla II aparece el estado actual de los edificios y estructuras que Sinán erigió, reparó, o que le son atribuidos. Esta tabla se puede resumir del siguiente modo:

- 31 no pueden identificarse.
- 173 fueron destruidos por el fuego, por un terremoto o han sido víctimas del desarrollo urbano.
- 52 perdieron su carácter arquitectónico clásico cuando fueron reconstruidos en una fecha más tardía.
- 25 han sobrevivido como ruinas.
- 196 pueden clasificarse como obras que mantienen la forma y el estilo del siglo XVI.

La disposición geográfica de los edificios de Sinán es también de interés para este estudio. Olvidando los 31 edificios que no pudieron identificarse, los 466 edificios restantes se distribuyen dentro de las fronteras otomanas dentro del siguiente modo.

- 327 en o cerca de Estambul.
- 75 en Anatolia, Siria, Irak y Hejaz.
- 44 en Rumelia (actual Rumanía), Crimea y los Balcanes.

Estas cifras indican que el 73% de los edificios construidos por Sinán fueron alzados en la capital o en sus cercanías.



Fig.8. Distribución geográfica de las obras de Sinán. (4)

(4) Reha Günay. Sinán. The architect and his Works. YEM Publication. Istanbul. December 1998. (Bibliog. nº 54) Reha Günay es un arquitecto turco, arquitecto restaurador y fotógrafo de arquitectura, y profesor de la conservación y restauración de Yıldız Technical University Facultad de Arquitectura de Estambul. Aptullah Kuran; Sinán. El Maestro de la Arquitectura Otomana. Universidad de Granada 1997 (Bibliog. nº 73)

Sheila S. Blair y Jonathan M. Bloom. Arte y arquitectura del Islam 1250-1800. Ediciones Cátedra S.A. 1999 (Bibliog. nº 12)

Aunque no es el cuerpo central de la presente tesis el conocimiento exhaustivo de la obra completa de Sinán, se estima que es enriquecedora la aproximación a ella como base de conocimiento y experiencia necesarios para valorar, esta vez sí en profundidad y en la justa medida que le corresponde, las obras principales y de las que en parte se ocupa este trabajo.

El estudio pormenorizado de la obra de Sinán se constreñirá, esencialmente, a sus tres logros más significativos y que él definió de la siguiente manera:

“...la Sehzade es la obra de aprendiz, la Suleimaniye es la obra de un buen obrero, y la Selimiye la obra maestra...”

Es pues en estas tres donde se centrará, básicamente, el estudio de la obra de Sinán y donde se tratará de establecer su relación con Santa Sofía y sus contemporáneas catedrales renacentistas del otro lado de Europa.

Pensando que la catedral de San Pedro en Roma se construyó durante 160 años desde Donato Bramante (1444-1514) a Gian Lorenzo Bernini (1598-1680), que Brunelleschi tardó 25 años en ver terminada la cúpula de Santa María de las Flores (sin la linterna) en 1445 y que Sir Christopher Wren (1632-1723) trabajó durante 40 años en la catedral de San Pablo en Londres, la terminación de la mezquita de Suleimaniye de Estambul y de la Selimiye de Edirne en seis años, muestra las hazañas logradas por Sinán y la velocidad y eficiencia con la que el cuerpo de arquitectos de la corte otomana desarrollaba sus compromisos.

Dice Sinán en su autobiografía: “...Los arquitectos de cierta importancia en países cristianos se sienten muy superiores a los musulmanes, porque hasta la fecha éstos jamás han realizado nada comparable a la cúpula de Santa Sofía. Gracias a la ayuda del Todopoderoso y al favor del sultán he conseguido construir para la mezquita del sultán Selim una cúpula que supera a la de Santa Sofía en cuatro zira (varas) de diámetro y seis de altura...”.

Ya se ha dicho que la arquitectura otomana era un trabajo de obreros. Efectivamente la escasez de dibujos arquitectónicos otomanos del período clásico implica que los arquitectos otomanos no dependían tanto de dibujos detallados como de un sistema elaborado de códigos de construcción y reglas de proporciones que pasaban de maestros a aprendices como un código secreto.

Consecuentemente un arquitecto clásico otomano podía construir un edificio proporcionado únicamente en función de su propia experiencia, conocimiento y talento, incluso cuando se les daba un diseño para ser realizado. Si en muchos edificios provinciales atribuidos a Sinán se encuentra una falta de escala, proporción y detalles, se debe probablemente a que el edificio pudo haber sido diseñado por Sinán en Estambul y llevado a cabo por otro arquitecto menos habilidoso.

Las piezas maestras de Sinán, así como los edificios innovadores, están concentradas en un cinturón topográfico que se extiende desde Edirne al Oeste hasta Izmit en el Este. De este modo, también nos muestra que Sinán era esencialmente un arquitecto de Estambul.

Los años de perfeccionamiento de Sinán abarcan el período que transcurre desde el final de la campaña moldava de Solimán el Magnífico en 1538 hasta la finalización de la mezquita de Sehzade Mehmet en 1548. Hacia el final de ese período ya había desarrollado un estilo personal. Pero antes de alcanzar esta etapa de creatividad, Sinán experimentó una fase de aprendizaje por imitación.

La primera mezquita cupulada de albañilería de Sinán data de la década de 1530-40; la Haseki Sultán camii. Podemos decir que destaca no por su originalidad, sino por su fidelidad a la tradición.

Las mezquitas otomanas existentes más antiguas de cúpula única son las de Haci Özbek en Iznik (1333-4?, algunas fuentes la datan en 1326) y la de Alauddin Bey en Bursa (1335-6).

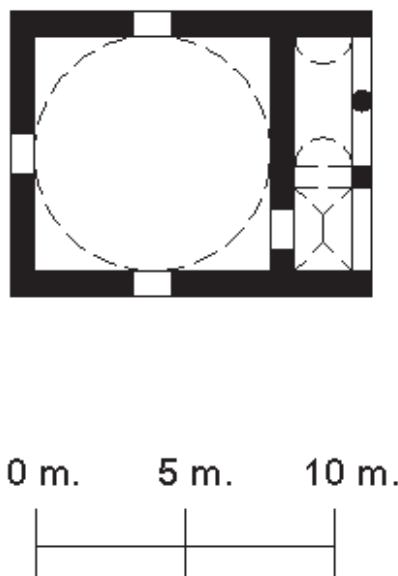


Fig. 9. Mezquita de Haci Özbek Izni. Planta. (Dibujo del autor).

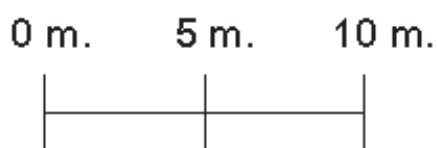
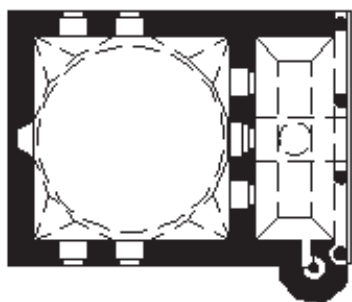


Fig. 10. Mezquita de Alaeddin Bey en Bursa. Planta. (Dibujo del autor).

Como puede observarse por sus plantas, (ya referidas en capítulos precedentes) son pequeñas estructuras de piedra y ladrillo rematadas por una única cúpula de ladrillo. Ambas presentan un pórtico de acceso. Entre otros ejemplos notables de mezquitas otomanas de cúpula única que datan del siglo XIV encontramos la de Orhan Gâzi en Gebe y la de Yıldırım Bayecid en Mudurnua. Estas mezquitas fundadas por los primeros sultanes de la casa de Osman demuestran bien la naturaleza experimental de la arquitectura otomana temprana. En una época en la que las cúpulas de Anatolia excedían raramente de los 10 metros de diámetro, la Orhan Gâzi y Yıldırım presentaban unas dimensiones considerables pues medían 12,50 y 19,65 respectivamente (5).

La primera se eleva sobre altos muros con tres filas de ventanas, pero la segunda, ceñida por un tambor alto de dieciséis caras, presiona sobre gruesas paredes bajas que parecen casi plegarse bajo el enorme peso de la cúpula.

Las mezquitas otomanas de cúpula única del siglo XIV tienen pórticos de tres tramos con secciones medias estrechas y laterales cerrados. Este esquema cambia en el siglo XV. Por un lado, se impusieron los pórticos de tres naves. Por otro, las paredes que cubren los extremos del pórtico desaparecen, de modo que el pórtico deja de ser una extensión de la sala de oración y adquiere una entidad propia

(5) Aptullah Kuran. *The Mosque in Early Ottoman Architecture*. (Chicago y Londres, 1968). (Bibliog. nº 71). Este libro es otra gran referencia sobre la arquitectura otomana desde sus principios sobre el siglo XII hasta el año 1506 que se toma arbitrariamente como la terminación del periodo inicial del desarrollo de la arquitectura otomana. (Op.ct.)

9.3. La mezquita del Sultán Haseki, construida por Sinán para la única hija de Suleyman, es otro edificio del siglo XVI (1538-9) que sigue un esquema tradicional (prácticamente una réplica de la mezquita de Çoban Mustafá Pasa en Gebze, con una cúpula de 14,50 metros de diámetro), es un edificio de planta rectangular (28,20 x 14,90 en el exterior en la actualidad) construido de filas alternas de piedra y ladrillo cubierto de dos cúpulas iguales de 11,30 metros de diámetro. Hay que advertir que la actual disposición con cúpula doble es de una fecha más tardía. De acuerdo con la inscripción sobre su puerta lateral, la mezquita de cúpula simple fue modificada y agrandada en 1612 con la retirada de su pared oriental y la anexión de una segunda unidad con cúpula.

La factura de hiladas de piedra y ladrillo nos refiere claramente a una fábrica bizantina.

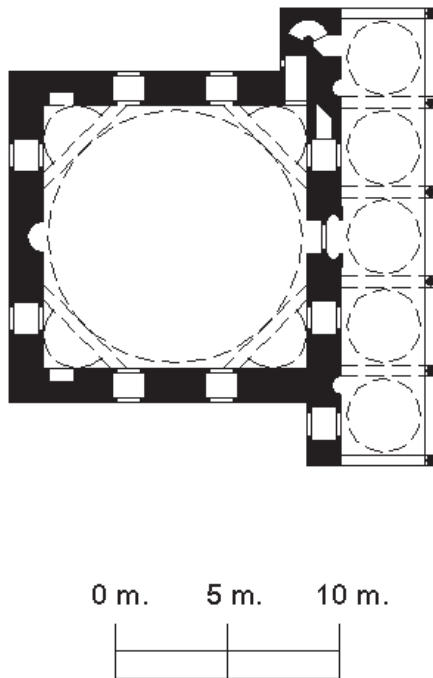


Fig.11.Mezquita de Haseki Sultán Estambul. Planta original del edificio con una sola cúpula (1538). (Dibujo del autor).

Este pequeño edificio de Sinán simplemente es un suma y sigue de la tradición arquitectónica otomana. El autor sigue patrones establecidos, incluso con la composición de la fábrica claramente bizantina de alternancia de hiladas de piedra y ladrillo como se observa en las realizaciones bizantinas. Lo bizantino seguía teniendo importancia, pero en esencia los edificios se iban separando y tomando un camino propio, eso sí, de acorde a su nueva función. Nos

encontramos con la paradoja de un edificio ridículamente pequeño comparado con Santa Sofía y realizado prácticamente mil años después. La explicación se puede dar por el pertinaz seguimiento de la tradición otomana. Evidentemente Santa Sofía llevaba ahí diez siglos, esperando..., esperando a que se la hiciera sombra o al menos que se la considerase como inspiración y continuación. Pero ese momento habría de llegar definitivamente. Sinán conocía perfectamente la llamada Haya Sofya que se había constituido desde la caída de Constantinopla en la Mezquita por antonomasia de Estambul, incluso el mismísimo Sinán añadió uno de sus alminares en el siglo XVI.

Pero antes ya había sido considerada por Mehmet II y Bayaceto II al edificar sus mezquitas respectivas en 1470 y 1506 de clara inspiración en la catedral Bizantina.

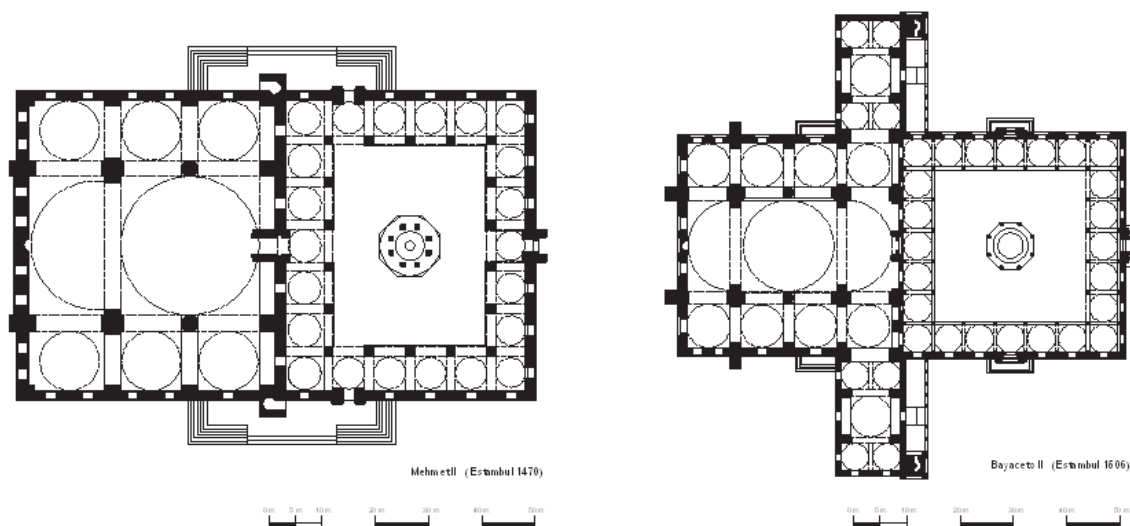


Fig. 12. Mezquitas de Mehmet II (1470) y Bayaceto II (1506). (Dibujo del autor)

Es obvio que se estaban siguiendo caminos paralelos uno iniciado tras la conquista de Constantinopla, quizá con referentes más claros en el camino de la innovación; innovación marcada por la inspiración de Santa Sofía, y otro en el que se estaba apostando por la tradición. Sinán transitó por los dos. La primera etapa fue de aprendizaje, que es la evidenciada anteriormente, y la segunda y definitiva claramente de ruptura e innovación. Innovación pero con la omnipresencia de Santa Sofía y acaso de las mezquitas de Mehmet y Bayaceto.

El tiempo de trabajo de Sinán fue tan extenso y tan prolífico que no le supuso ningún problema el transitar por diferentes tendencias y formas de hacer.

Volviendo a la Haseki Sultán, diseñada esta originalmente como un edificio solitario, la mezquita se convirtió en el núcleo de un complejo de edificios cuando un año después de su terminación se construyeron una madraza y un mekteb en sus proximidades. Algunos años después se añadieron al grupo un imaret (conjunto de edificios) y un hospital.



Fig. 12. Complejo de Haseki Sultán. Planta estado actual. (Kuran).

En la figura anterior se observa como la mezquita originaria de 1539 aparece ya duplicada cuando se transformó en 1612. El pórtico queda descentrado porque al transformarla simplemente se duplicó el cubo que constituía la sala de oración dejándose el pórtico original. Esta agrupación de edificios en un relativo orden y con una relativa dependencia no era nueva y constituyen los llamados complejos que luego proliferarán de la mano de Sinán con las llamadas mezquitas de los sultanes.

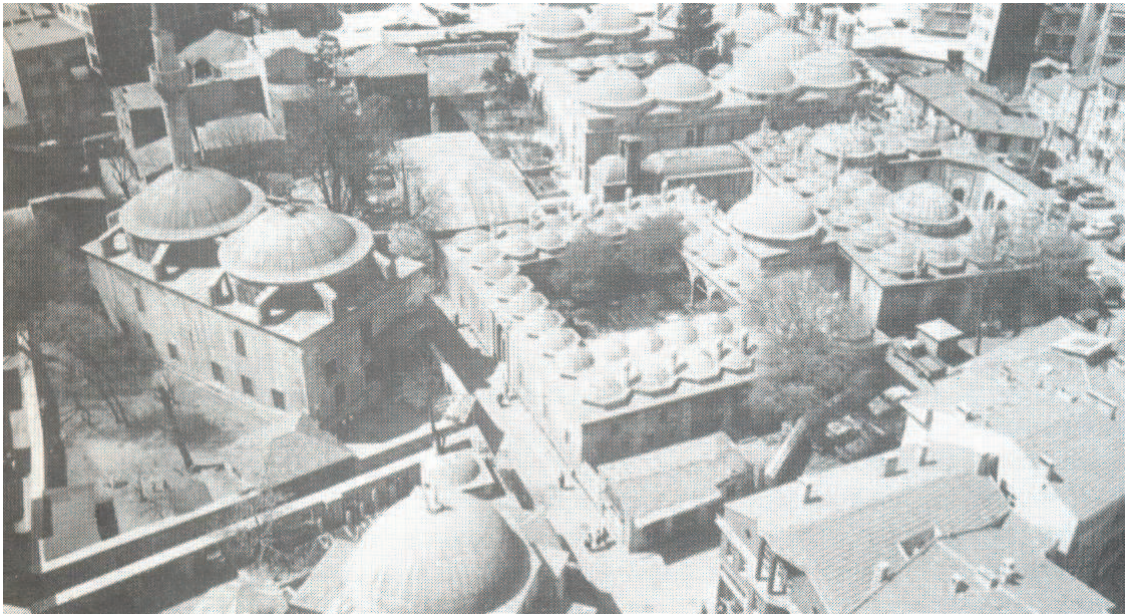


Fig. 13. Complejo de Haseki Sultán. Vista del estado actual desde el sureste. (Kuran).

Cuando se considera la mezquita-madraza-mekteb de Haseki Sultán en su conjunto, lo primero que resulta chocante es su disposición arbitraria. En este caso no aparece un plan centralizado como el del complejo de la Fatih Mehmet de Estambul (a partir de 1470), por ejemplo. La razón de la disposición desordenada del complejo de Haseki Sultán puede, muy bien, deberse a que si se observa un plano del lugar, la madraza y la mekteb situadas al otro lado de la calle de la mezquita, seguirían el contorno de la calle Haseki independientemente de la orientación de la mezquita y no se consideraron las afinidades geométricas. ¿Fue la disposición desordenada el resultado natural de la falta de familiaridad de Sinán con la planificación urbana?. Se debe señalar que cuando Sinán diseñó los edificios del Haseki Sultán ya contaba con un mínimo de ocho años de experiencia en el campo de la arquitectura. Aunque no había realizado un grupo de edificios de la escala de este complejo, obviamente sabía del significado e importancia de la armonía geométrica.

Es posible que Sinán prefiriera los esquemas orgánicos de los complejos de Bursa a la rígida geometría del complejo de Fatih. En verdad su actitud cambiaría después de 1550, en complejos tales como los de Süleymaniye en Damasco y en Estambul o el de Selimiye en Edirne. Su concepto de diseñar acentuaría el eje longitudinal y los edificios se situarían de modo paralelo o perpendicular a él.

Por otro lado, ejemplos tempranos distintos al de Haseki Sultán como el de Üsküdar Mihrimah Sultán y Sehzade Mehmet, ambos en Estambul, muestran relaciones geométricas similarmente desordenadas. Esto sugiere que en 1540, Sinán tenía una actitud bastante relajada hacia la convención de los complejos

de edificios. En efecto, a lo largo de su vida, Sinán nunca se mostró inflexible a este respecto y apenas exageró los preceptos de axialidad y armonía.

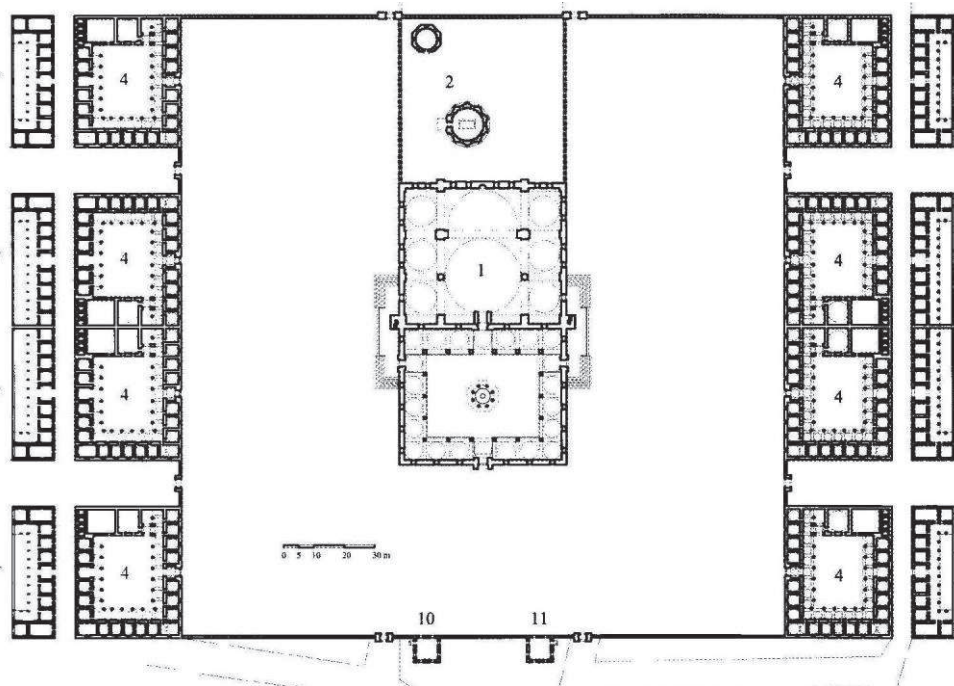


Fig. 14. Complejo de Fatih Mehmet en Estambul. 1470. Destaca claramente su axialidad y su ortogonalidad. (Necipoglu).

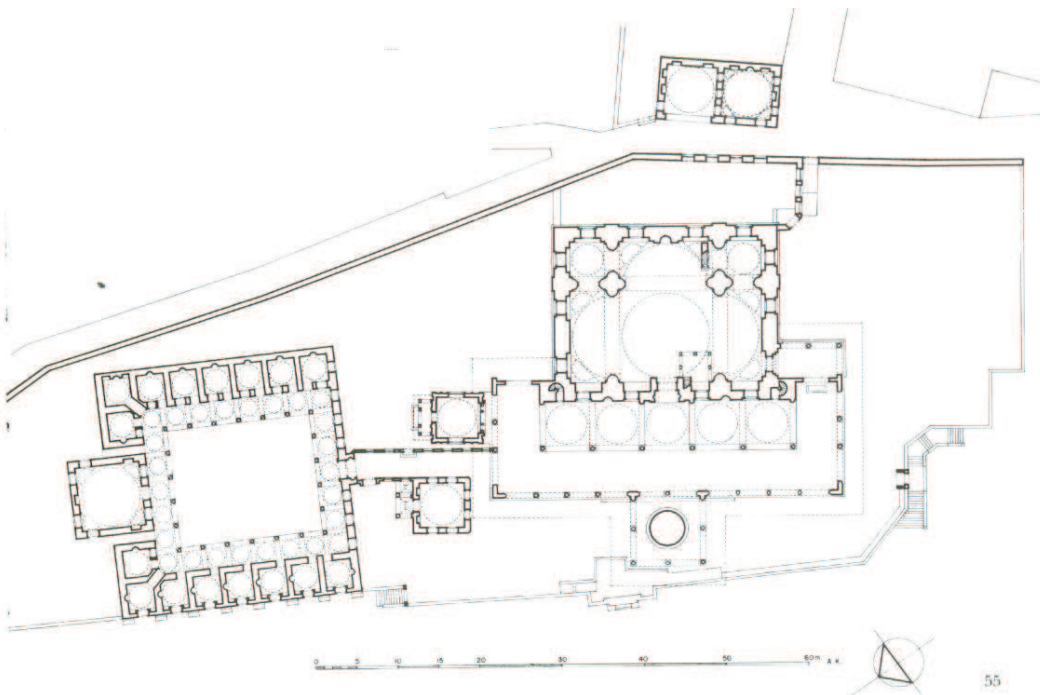


Fig. 15. Complejo de Mihrimah Sultán. Sinán. Üsküdar (Estambul 1547-8). (Kuran).

Es cierto que, en la mezquita y en la madraza de Haseki Sultán, Sinán emulaba esquemas tradicionales desarrollados en tiempos de Bayaceto II; sin embargo, este período de inseguridad no duró mucho tiempo. En los complejos de Üsküdar Mihrimah y Sehzade Mehmet que le fueron encargados más tarde, su personalidad creativa comenzó a mostrarse conforme buscaba nuevos esquemas y soluciones arquitectónicas.

Hasta este momento se nos presenta un Sinán en época inicial que, evidentemente no está fijándose en Santa Sofía para sus grandes realizaciones, Es un Sinán que empieza sus pasos remedando viejos modelos tradicionales otomanos pero que a partir de mediados del siglo XVI alcanzará su plena madurez como el referente de la arquitectura clásica otomana.

Las primeras obras de Sinán consistían en pequeñas mezquitas de techumbre de madera tradicionales. No hay que olvidar su formación como carpintero en el cuerpo de jenízaros. La siguiente etapa fueron ya las mezquitas de albañilería, como la comentada Haseki Sultán, aunque también se pueden atribuir a Sinán otras dos obras tempranas (siempre de albañilería) cuales son la Hadim Ali Pasa en Diyarvakir construida seguramente entre 1534 y 1537 y la de la Hursev Pasa en la ciudad de Alepo supuestamente terminada en 1536. Esta fecha hace suponer que, efectivamente fue diseñada por Sinán pero realizada por uno de sus ayudantes enviado a Alepo.

Tras este paso por la época de pequeñas mezquitas cuadrangulares cubiertas con cúpula única Sinán empezó a experimentar con el mundo de las bóvedas. Modelos de estas superestructuras no le faltaron; los tenía en los complejos de Mehmet Fatih y de Bayaceto II, y por supuesto en la omnipresente Santa Sofía.



Fig. 16. Haseki Sultán. Fotografía estado actual.

Las mezquitas de Üsküdar de Mihrimah Sultán y Sehzade Mehmet de Estambul se terminaron ambas en 1548. Su construcción se inició en momentos diferentes. Sehzade Mehmet se comenzó en junio de 1545. En esta fecha la construcción de la Mihrimah Sultán llevaba ya un año. Pero después de que la Sehzade Mehmet se incluyera en el programa de Sinán tuvo que dar prioridad al proyecto de Solimán el Magnífico y el trabajo en la Mihrimah Sultán se ralentizó. Esta es la razón por la que las dos mezquitas que se iniciaron en momentos diferentes fueron finalizadas hacia la misma época y también el porqué sus diseños no poseen el mismo grado de creatividad conceptual. Se comprende que la más temprana, la Mihrimah Sultán es la más convencional de las dos.

9.4. La mezquita de Mihrimah Sultán incluye una sala rectangular de oración cubierta por una gran cúpula central, tres semicúpulas y dos pequeñas cúpulas, delgados alminares y un pórtico doble.

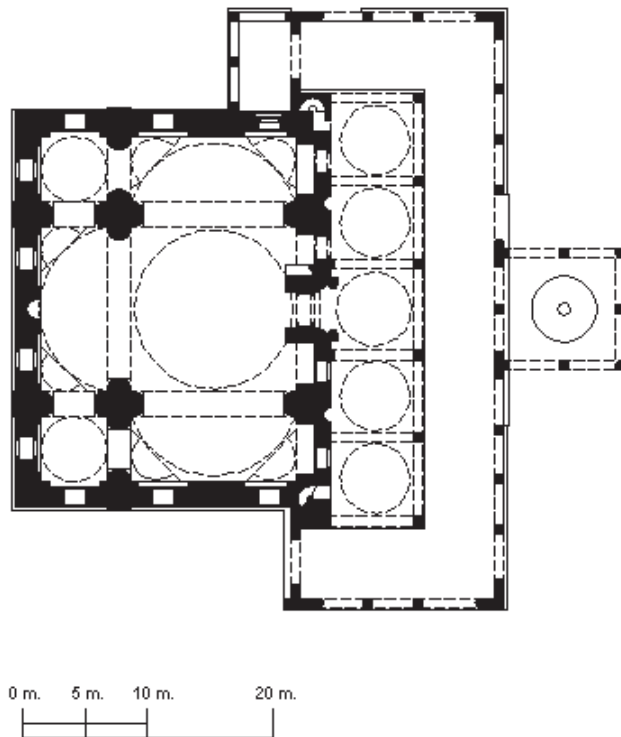


Fig. 17. Mezquita de Mihrimah Sultán. Sinán. Üsküdar (Estambul 1547-8). (Dibujo del autor)

En esta mezquita, de proyecto anterior a la Sehzade, se empieza a atisbar el camino que está empezando a trazar Sinán. Ya ha desaparecido la idea de cúpula única para cubrir la sala de oración y se esbozan juegos de semicúpulas en la estructura del edificio. El espacio central está cubierto por una modesta cúpula de unos 11 metros de diámetro y permanece el tradicional pórtico

cubierto por pequeñas semicúpulas. El concepto de solución estructural como combinación de cúpulas ya aparece y será constante en Sinán, marcando sus piezas claves. Es esta mezquita es, pues, donde aparecen por primera vez las semicúpulas en una obra de Sinán.



Fig. 18. Complejo y mezquita de Mihrimah Sultán. Sinán. Üsküdar (Estambul 1547-8). Fotografía estado actual. (Necipoglu).

Haciendo una pausa y retornando brevemente al principio de la evolución de las mezquitas se presenta el siguiente esquema en el que cronológicamente se transita de la mezquita de Alauddin en Bursa de 1326 y cúpula única, hasta la mezquita de Uç Serefeli de Edirne de 1447. Llama la atención un punto cual es el paso de mezquitas tempranas de albañilería a mezquitas hipóstilas de múltiples cúpulas hasta la Uç Serefeli, verdadero referente para mezquitas complejas de patio y sala de oración cupulada. La distancia que separa la primera de la última de este esquema es de apenas un siglo. La mezquita de Alauddin está cubierta por una muy discreta cúpula de unos 6 metros de diámetro, mientras que la de la Uç Serefeli supera los 24 metros.

A la vista de esto cabe hacerse la siguiente pregunta; ¿estamos ante un proceso lineal de evolución tipológica y constructiva? La respuesta parece evidente; no. La rotundidad de la respuesta podemos justificarla de la siguiente manera. Es claro que hay dos puntos de arranque que convergerán a partir de mitad del siglo XVI.

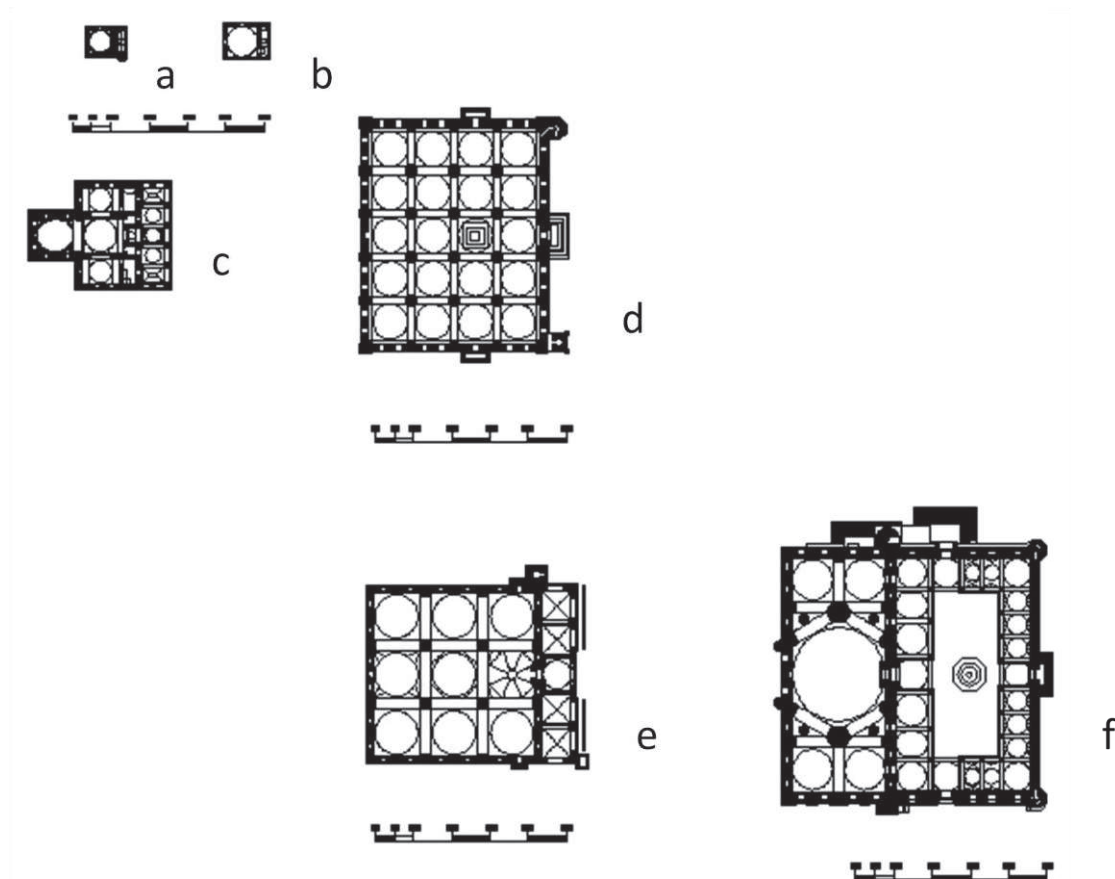


Fig.19. Mezquitas de: a) Alauddin (Bursa), b) Hazi Özbek (Iznik), c) Orhan Gazi (Bursa), d) Ulu Camii (Bursa), e) Eski Camii (Edirne), y f) Uç Serefeli (Edirne). (Dibujo del autor).

La Ulu Camii toma su tipología de las mezquitas hipóstilas selyúcidas como la Eski Camii. Ambas son un damero de soportes que constituyen cuadrados cubiertos por cúpulas como se ha visto y analizado sobradamente en capítulos anteriores. La búsqueda de un espacio único para conformar la sala de oración se nos presenta en la Uç Serefeli con una más que considerable cúpula de más de 24 metros, que como ya se detalló en apartados anteriores de esta tesis y que inicia el camino hacia la consecución de grandes cúpulas.

Las mezquitas, más tempranas, de Alauddin y Hazi Özbek responden a la tradición puramente otomana de espacio cuadrado único cupulado precedido de un pequeño pórtico de una nave.

Por el contrario en la línea de la Uç Serefeli y como clara consecuencia de ella se sitúan dos mezquitas pertenecientes a sendos imaret o complejos de edificios. Son La Fatih Camii de 1470 y una cúpula central de 26 metros y una semicúpula, y la mezquita de Bayaceto II de 1506 con una cúpula central de más de 15,50 metros y dos semicúpulas que la complementan, ambas precedidas ya no de un pórtico sino de un patio cuadrado. Ya se han analizado ambas lo suficiente y se las ha comparado con su clara inspiradora; Santa Sofía de Constantinopla.



Por otro lado el camino iniciado por Sinán es el de reproducción de modelos de la tradición otomana; un edificio constituido por un cubo cubierto con techumbre de madera que evolucionará a edificios de fábrica de piedra y ladrillo cubiertos por una cúpula y porticado. El proceso en la evolución de los edificios de Sinán no fue lineal en el sentido de progresar solo en una dirección. Es un proceso de evolución constante en el que a partir de un momento siempre experimenta en la misma línea: la composición en base a cúpulas y semicúpulas y la búsqueda de la centralización espacial por antonomasia.

En este camino hubo un momento en el que se reflejó definitivamente en Santa Sofía. Ya se ha comentado la relación de Sinán con los arquitectos contemporáneos de la Europa occidental, sobre todo de los autores renacentistas, pero él tenía una tradición muy potente a sus espaldas y un referente igual de válido a su frente; la mezquita de Santa Sofía. Sinán supo combinar ambos y sin perderlos de vista consolidó la llamada arquitectura clásica otomana.

Constructivamente Sinán siguió los modos de hacer orientales en cuanto al sistema de cúpulas. El reto no era la cúpula de la Haseki Sultán, ni tampoco la de Mihrimah Sultán de modesto tamaño, ni el uso de un sistema de cúpulas de albañilería lo suficientemente contrastado en oriente (donde se originó), sino las superestructuras de cúpulas así como el espacio centralizado.

9.5. Para esta época ya se había concluido otro icono de la arquitectura del Renacimiento; la catedral de Santa María de la Flores en Florencia. Brunelleschi había fallecido sin poder ver rematada “su cúpula” que se finalizó en 1445. Este logro era sobradamente conocido en el Imperio de la Sublime Puerta, pero, simplemente era otro modo de hacer, otro modo de construir y, sobre todo otro modo de pensar.

Brunelleschi utilizó más de 25 años en el proyecto y ejecución de la cúpula, incluido la invención de máquinas, sistemas de transporte de materiales, hasta problemas económicos que tuvieron la obra momentáneamente en suspenso. Pero la cúpula de Brunelleschi tenía poco que ver con las cúpulas orientales de albañilería. Esta era una cúpula mixta de albañilería y cantería, de doble cáscara, apuntada, nervada y coronada con una linterna. Era una cúpula gótica resuelta en época renacentista. Estaba fuertemente zunchada en todo su perímetro con barras de madera, piedra y cadenas de hierro, incluso su tambor octogonal servía de cinturón auxiliar.

Nada de esto se hace en la arquitectura otomana, simplemente no era necesario, se transitaba por otros caminos, se manejaban otros conceptos. Toda la raíz de la formación cultural otomana parecía que forzaba a ello.

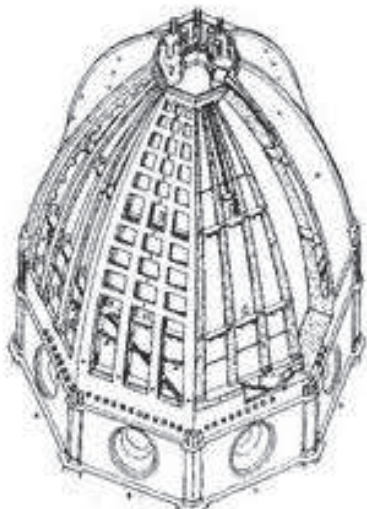


Fig. 20. Estructura de la cúpula de Santa María de las Flores. (Escrig).

Ya se ha expuesto el funcionamiento mecánico de las cúpulas de fábrica, sus problemas y el modo de afrontarlos. Se está aquí ante dos maneras diametralmente opuestas de plantearlos y resolverlos. Dos tradiciones; la tradición occidental y la tradición oriental. La oriental (incluida Santa Sofía) se desarrolló y evolucionó desde Anatolia cruzando los Balcanes por occidente y extendiéndose por Oriente Próximo y Rusia.

Retomando los dos edificios que se consideran el inicio del camino de la arquitectura de Sinán hacia la construcción de sus mezquitas más significativas, se establece una clara línea de actuación.

A la vista de las plantas de la figura 21 se aprecia que el tamaño de la cúpula principal (única en la Haseki Sultán) de ambas mezquitas es prácticamente el mismo. La diferencia radica en que en la Mihrimah Sultán la cúpula no apoya sobre muros sino que afea en cuatro soportes. Además se ayuda en su equilibrio en tres semicúpulas. Se está caminando hacia una centralidad espacial. El pórtico, no obstante es de similar factura; cinco tramos rematados por pequeñas semicúpulas. Ninguna de las dos tiene patio propiamente dicho, elemento que ya apareció antes en la mezquita de Fatih y en la de Bayaceto.

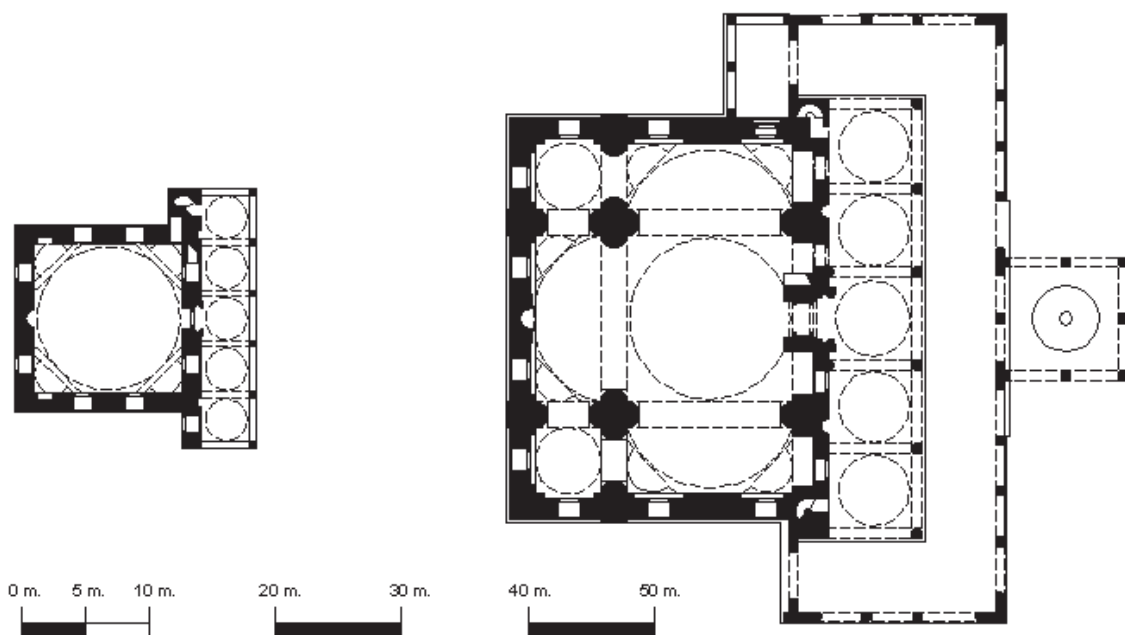


Fig. 21. Planta comparativa a la misma escala de la Haseki Sultán y la Mihrimah Sultán, ambas de Sinán. (Dibujo del autor).

Como ya ha sido comentado en apartados precedentes, Sinán empezó a experimentar con la composición de cúpulas después de su etapa de constructor de pequeñas mezquitas de techumbre de madera y posteriormente de albañilería, pero de cúpula única.

En la Mihrimah Sultán, empieza una nueva etapa, una etapa de investigación, de progreso, de evolución.



Fig. 22. Cúpula principal de la Mihrimah Sultán.

Pese a su modesto tamaño esta cúpula ya anticipa lo que será el futuro. El esquema de funcionamiento mecánico ya distingue la parte de la cúpula que trabaja a compresión y a tracción.

En una cúpula de fábrica que trabaja por gravedad, hay una parte que trabaja a compresión (estado deseable) y otra que trabaja a tracción (estado no deseable), aunque lo importante es que estos esfuerzos queden dentro del espesor de la fábrica.

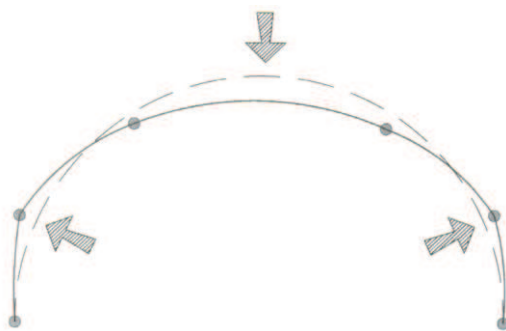


Fig. 23. Colapso de un gajo de cúpula de espesor mínimo (Heyman, Mas-Guindal). La parte traccionada tiende a abrirse agrietando la fábrica.

La solución que se aplicó en el Renacimiento fue la de zunchar la propia cúpula y además reforzar la base con un zuncho perimetral para intentar evitar este

movimiento de la fábrica que se manifestaba en forma de grietas en el paramento.

Obviamente en estas primeras obras de Sinán este problema no era especialmente grave debido al modesto diámetro de las cúpulas, de aproximadamente 11 metros.

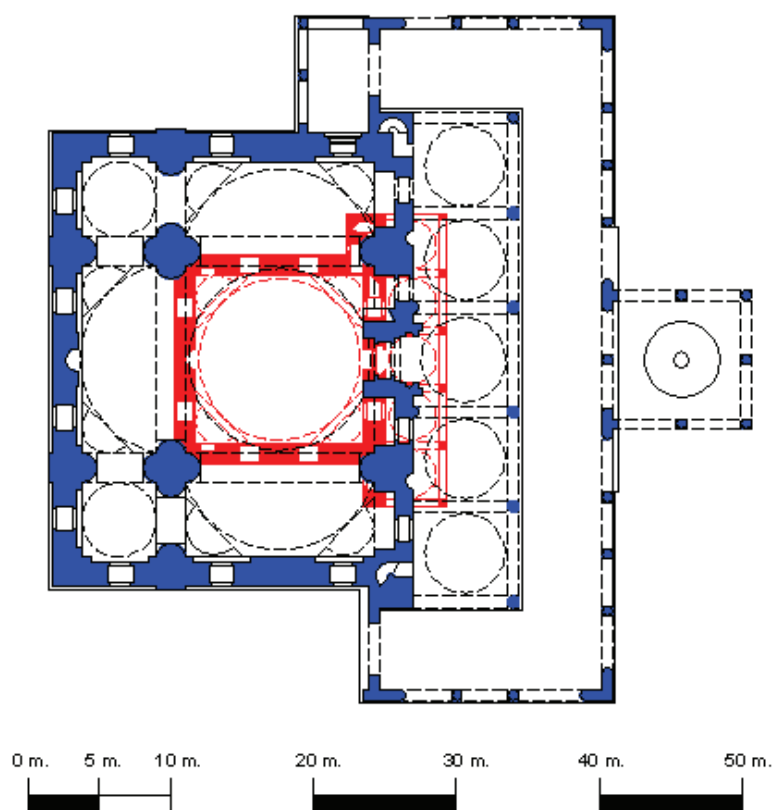


Fig.24. Plantas superpuestas a la misma escala de la Haseki Sultán (rojo) y la Mihrimah Sultán (azul), ambas de Sinán. (Dibujo del autor)

Como se aprecia en la figura sobre estas líneas, la cúpula central de ambas mezquitas es prácticamente igual. Pero en la Mihrimah es cuando empieza el autentico recorrido arquitectónico de Sinán. Ya se ve una riqueza espacial, una amplitud de miras, una superestructura diferente.

Soportar una cúpula relativamente pequeña sobre cuatro muros de un espesor de 1,50 metros no parece un reto, solo se necesitan cuatro pechinas (para pasar de la planta cuadrada a la circular) ya que el grosor del muro puede responder sobradamente a los esfuerzos transmitidos por la cúpula en todo el perímetro de su base, aún así Sinán dispuso de cuatro pequeños lunetos en la esquinas del cubo. Pero el caso cambia cuando la cúpula descansa en

soportes, no en sólidos muros; evidentemente algún elemento debe, a su vez, contrarrestar el esfuerzo transmitido por dichos soportes.

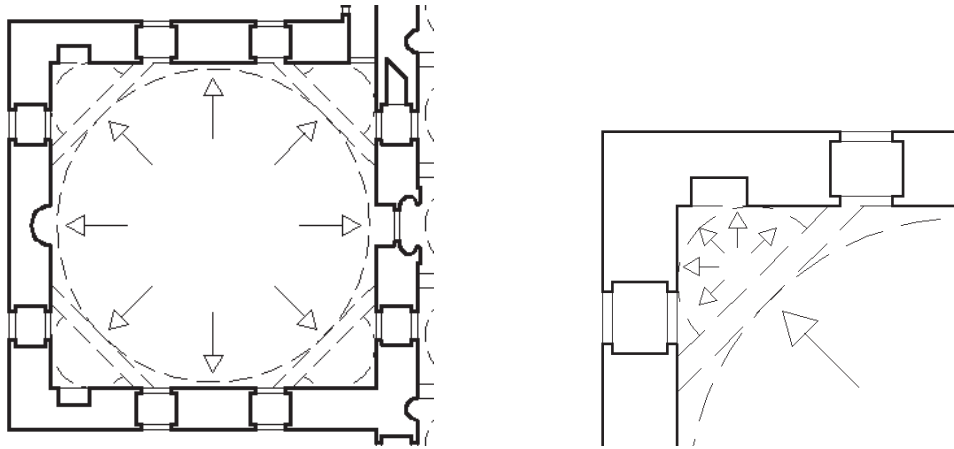


Fig.25. Esquema de empujes en la Haseki Sultán. Nótese los cuatro lunetos en las esquinas y el subsistema de transmisión de cargas de los mismos. Estos lunetos los incorporará definitivamente Sinán en sus edificios a partir de la Mihrimah Sultán. Es algo que no se hacía en la Europa renacentista. (Dibujo del autor)

El esquema se complica en la Mihrimah Sultán. Aparecen tres semicúpulas y dos cúpulas en las esquinas del cuadrado de la base. La presencia del pórtico como elemento de la arquitectura otomana impide la simetría total de la planta de la mezquita. No habría tenido sentido hacer la mezquita simétrica para luego adosarle el pórtico como un elemento tradicional, recuérdese que el pórtico comenzó siendo una prolongación de la sala de oración al estar cercado por la extensión de los muros de esta.

Este problema de pórtico versus patio quedó resuelto con la Sehzade Mehmet.

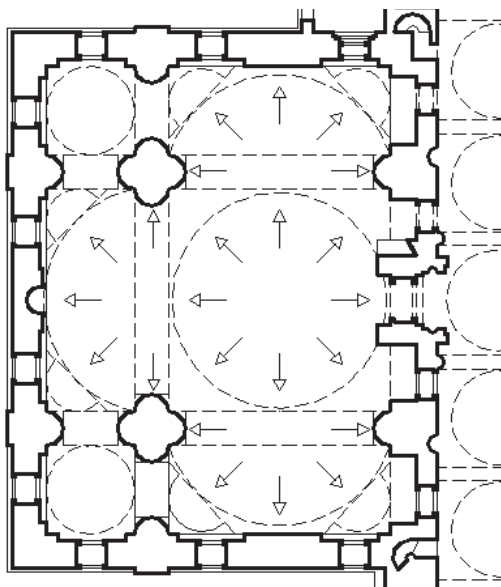


Fig.26. Esquema de empujes Mihrimah Sultán.

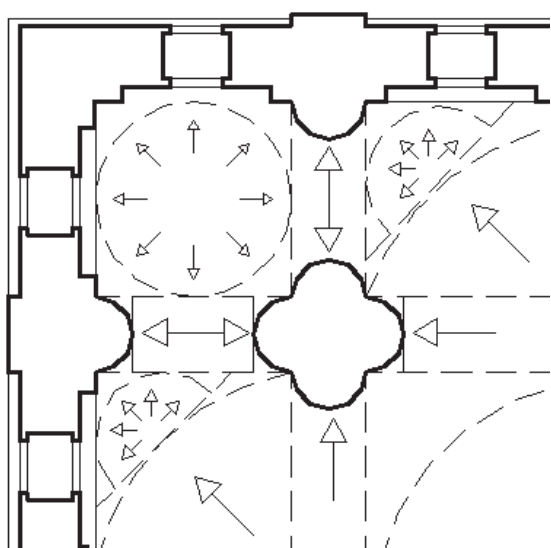


Fig.27. Esquema del subsistema de empujes de las cúpulas auxiliares en la Mihrimah Sultán. (Dibujo del autor).

Los soportes cruciformes no los retomará Sinán en las mezquitas posteriores. Se aprecia, también en esta obra, como el esquema de transmisión de cargas se va complejizando. Sinán propone unas pequeñas semicúpulas en la hipotética posición de las pechinas. Este esquema no aparecía en las mezquitas de Fatih ni en la de Bayaceto II, no así el recurso de proponer una pequeña torre cupulada en la esquina del cuadrado.

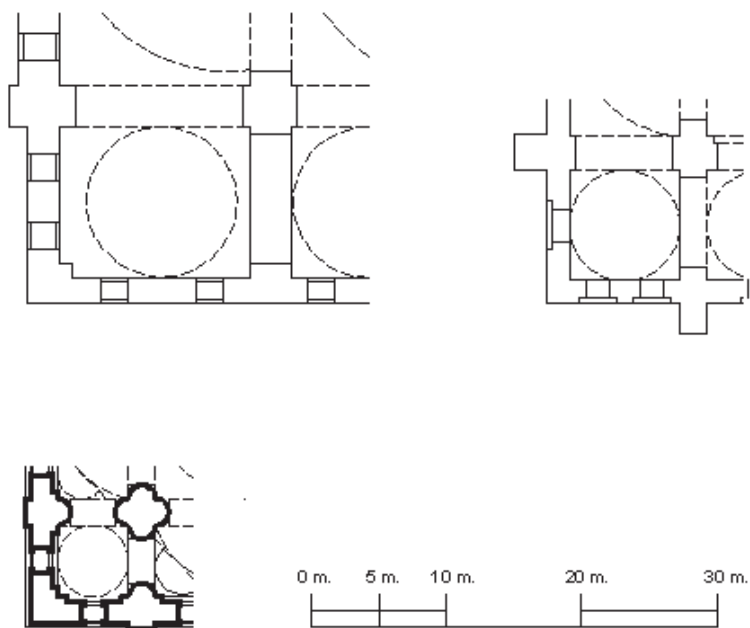


Fig.28. Cúpulas en las esquinas de la Fatih, Bayaceto II y Mihrimah Sultán. (Dibujo del autor).

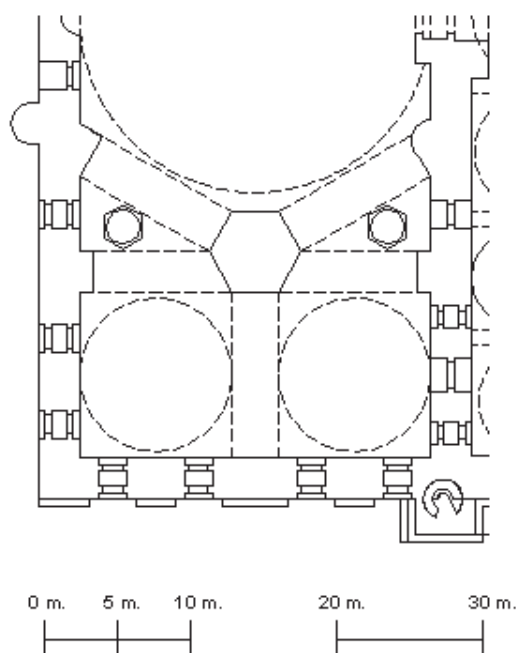


Fig.29. Cúpulas en los extremos de la sala de oración de la mezquita de Uç Serefeli en Edirne. (Dibujo del autor).

El tema de las pequeñas torres cupuladas para rematar las esquinas ya se vio que se debía, en parte, al intento de liberar espacio visual aunque no es desdeñable su función estructural de componente vertical ejerciendo de contrarresto. En cualquier caso se aprecia que es un elemento casi exclusivamente oriental. Incluso la bizantina Santa Sofía solucionó este tema con bóvedas de crucería.

La cuestión del zunchado de cúpulas en el Renacimiento se debe al empuje en la base de este tipo de cúpulas. En efecto es una “estrategia” para compensar la deformación como se aprecia en la figura 30.

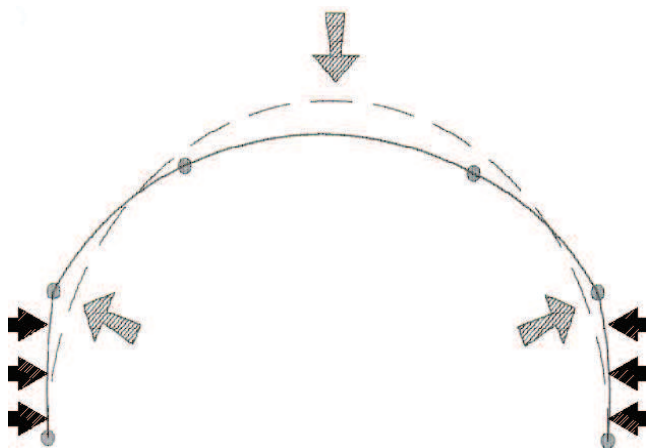


Fig.30. Deformación y compensación de forma de una cúpula hemisférica. (Autor).

Por otro lado el enorme peso de la cúpula de Santa María de las Flores (unas 20.000 toneladas), así como su diámetro obligó a Brunelleschi a una profunda reflexión en el planteamiento de la ejecución de proyecto una centuria antes de que Sinán trabajase en la Mihrimah Sultán. Santa María de las Flores es casi contemporánea de la Fatih Camii, solo las separan un par de décadas.

Ya se ha evidenciado la manera de levantar cúpulas a uno y otro lado del continente. La tradición mecánica de gótico pesaba demasiado para que un genio como Brunelleschi la ignorase, acaso pensó que en las estructuras góticas y en su funcionamiento estaba la solución. Desde el principio planteó una cúpula nervada de tradición claramente gótica y, además la resolvió en “quinto agudo”, suponiendo que esta era la forma óptima para controlar las flexiones. Evidentemente esta compleja cúpula tiene poco que ver constructiva y mecánicamente con las cúpulas otomanas, pero si se ha de insistir en que en esencia se trataba de afrontar el mismo problema; cubrir un gran espacio con una cúpula.

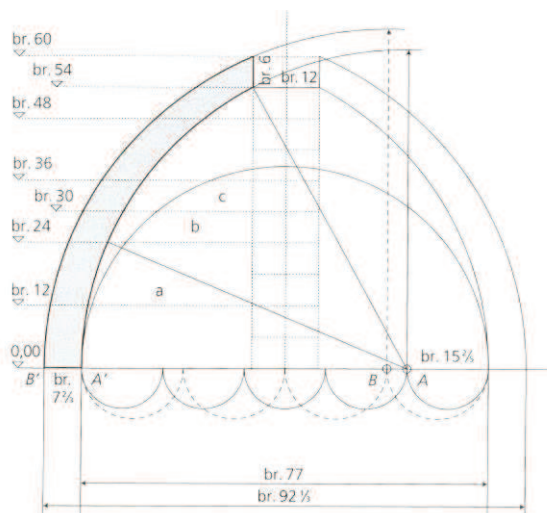


Fig.31. Esquema de trazado de cúpulas en base a un estudio de 1420. (6)

Dos años antes de que Sinán concluyera la Mihrimah Sultán y la Sehzade Mehmet (1548), Miguel Ángel recibe el encargo de continuar la labor de Sangallo en la basílica de San Pedro en Roma. Su planteamiento se refiere fundamentalmente a la planta y la iluminación interior. No tenía, ni se hizo de inmediato una idea de conjunto como tenía Sangallo.

(6) De recopilaciones de Giovanni Fanelli y Michelle Fanelli en su libro *La Cúpula de Brunelleschi. Historia y futuro de una grande estructura*. Ed. Mandragora, 2004. Florencia. (Bibliog. nº 38)

Miguel Ángel aportó un esquema claro y bien dimensionado. Es un esquema rotundo de planta centralizada. Ya no hay rincones. Sobre un cuadrado hay sobrepuesta una cruz. El resto es fábrica, y sobre todo ello un tambor y una cúpula fiel al espíritu albertiano. Pero no es Brunelleschi, es una mezcla de Alberti y Bramante, un tambor coronado por una cáscara semiesférica. Miguel Ángel aprendió de aquel que no solo había que dibujarla, había que construirla.

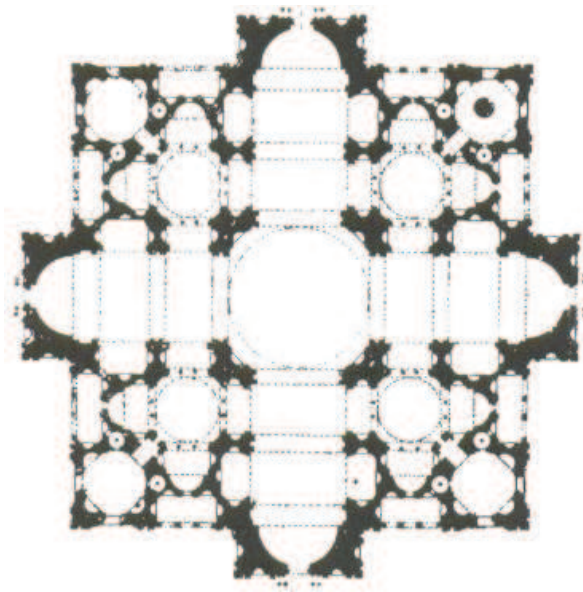


Fig.32. Planta de Bramante para San Pedro (1505). (Pallarés, Mainstone)

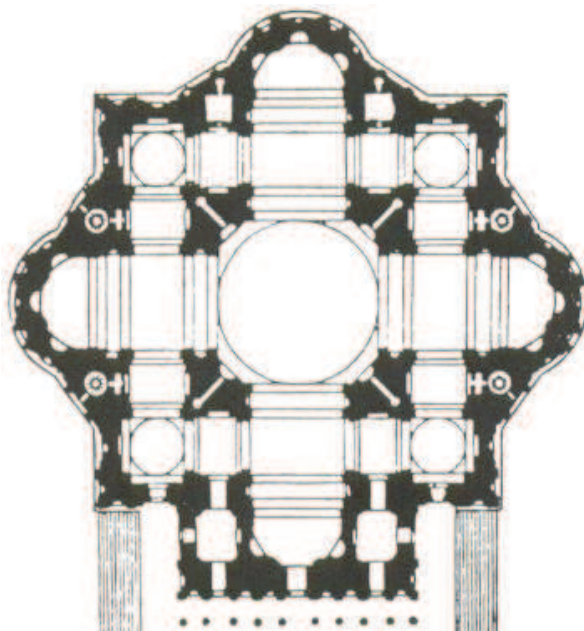


Fig.33. Planta de Miguel Ángel para San Pedro (1546). (Pallarés, Mainstone)

En sus dibujos Miguel Ángel trata desesperadamente de aligerar cargas, de ahí la doble hoja que en el interior sería semiesférica y al exterior ligeramente peraltada para sostener la linterna. Entre ambas cáscaras dispondría unas nervaduras que las conectasen. Se ha producido la paradoja de que la sección es mayor en la clave que en la base, lo contrario que en el Panteón (la otra gran referencia de este estudio) cuyo modelo copió Bramante. Para absorber los empujes propone un sólido cinturón en el tambor, muy medieval, completamente disfrazado de orden clásico. Dieciséis nervaduras que corresponden a cada uno de los contrafuertes son la parte sólida de la cúpula. A diferencia de la cúpula de Brunelleschi, las dieciséis costillas de la cúpula de San Pedro, de Miguel Ángel, están dispuestas sobre una cáscara de revolución de curvatura continua; las costillas no recogen las fuerzas y no son estructuralmente efectivas, aunque definen visualmente la superficie de la cúpula.

Nunca se sabrá cómo habría funcionado el esquema de Miguel Ángel ya que cuando murió en 1564 solo llegó a ver acabado el tambor y aunque la responsabilidad de la coronación correspondió a otros, el proyecto sigue siendo el suyo. Maderna fue el que le dio el aspecto definitivo de planta de cruz latina.



Fig.34. Alzado/sección de la cúpula de San Pedro (Poleni). Dibujo clásico tomado del libro de R. J. Mainstone: Structure in Architecture, ya referido largamente en varias citas precedentes.

A principios de siglo XVI el panorama arquitectónico en Italia había variado mucho. Los ejemplos de Bramante y Alberti han creado escuela y los templos de planta central son la moda alternativa a las plantas basilicales. Cola de Coprarola comienza en 1508 la Iglesia de la Consolación en Todi aunque la cúpula no se empieza hasta 1568 y no se termina hasta 1606. Sus 15 metros de diámetro y su espacio unitario le confieren una espacialidad interior sobrecogedora. La cúpula principal se encuentra contrarrestada por cuatro semicúpulas.

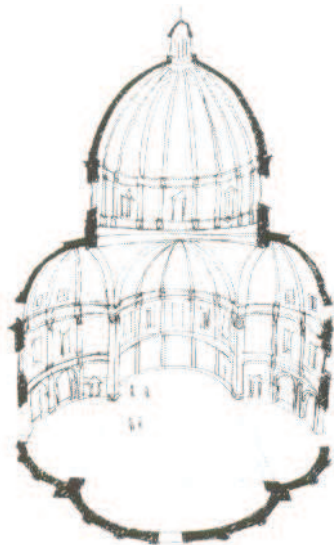


Fig.35. Iglesia de la Consolación. Todi.

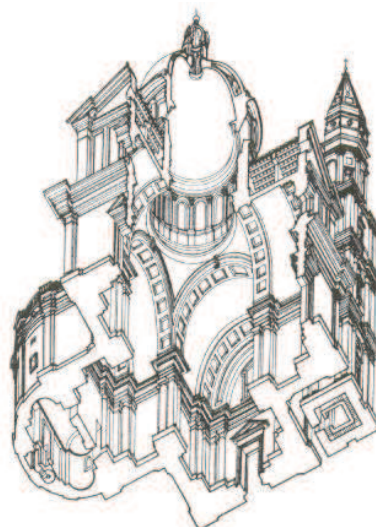


Fig.36. Madona de San Biagio

Antonio de Sangallo el Viejo comienza en 1518 la capilla de la Madona de San Biagio de Montepulciano, que en este caso, se ejecuta rápidamente y se termina en 1529. Aunque solo tiene 12 metros de diámetro su cúpula es la primera que se termina en el 500. Está contrarrestada por cuatro arcos torales. En Parma, Bernardino Zaccagni comienza en 1512 la Madona della Stacata, una simbiosis, puesto que combina los cañones cilíndricos con las veneras absidales. Aunque su cúpula solo tenía 14 metros de diámetro era demasiada obra para este arquitecto que fue sustituido por Sangallo.

En 1522 Tramello, que había colaborado con Sangallo en Madona della Stacata, empieza en Piacenza la iglesia de Madona della Campaña, que repite el modelo de la de Stacata pero sustituyendo las veneras por tramos de bóveda cilíndrica y materializando realmente las cúpulas de las esquinas. En este caso la cúpula tiene 12 metros de diámetro. (7)

Lo reflejado en el párrafo precedente es un claro ejemplo de los distintos modos de afrontar el mismo problema. Las cúpulas de estas iglesias renacentistas de principio de cinquecento tienen unas dimensiones similares a las de las mezquitas de cúpula única de Estambul de principios del XVI. La Mihrimah Sultán de Sinán es casi contemporánea de estas, pero mientras en Italia se seguía transitando por la tradición en sistemas mecánicos, en la arquitectura otomana ya se estaban investigando nuevos sistemas estructurales basándose en las tradiciones selúcidas y bizantinas.

(7) Félix Escrig Pallarés. Las grandes estructuras del Renacimiento y el Barroco. Universidad de Sevilla 2002. Pp. 50-51. (Bibliog. nº 36)

Las iglesias renacentistas de las primeras décadas de siglo XVI, fuese cual fuese su tamaño, tenían sus cúpulas sobre tambores y estaban en la mayoría de los casos levemente peraltadas. Se sigue viendo claramente el modo de hacer del Medievo. La tradición gótica había alcanzado tal potencia que se seguía considerando sobradamente válida y contrastada. El cambio notable fue la tendencia a la planta centralizada.

Sin embargo la tradición oriental de bóvedas cerámicas subsistía en la parte oriental del continente.

Sinán tuvo su punto de inflexión con el paso de las mezquitas de cúpula única (tradicionales) a la composición espacial de cúpulas. Este camino le hizo investigar en varias líneas pero concurrentes todas en la de espacio centralizado y subsistemas estructurales de cúpulas.

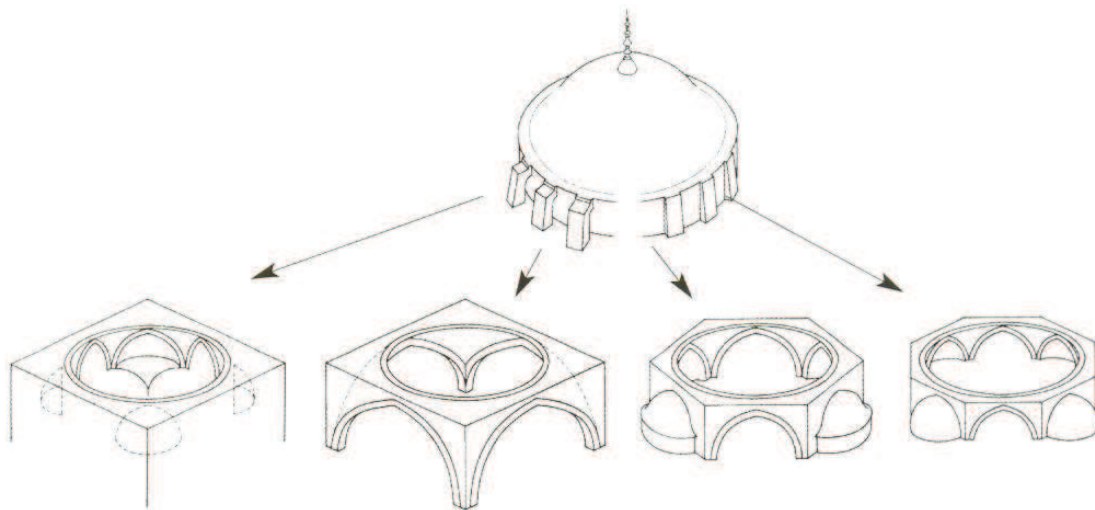


Fig.37. Sistemas de soportes de cúpulas utilizados por Sinán. (Günai).

En efecto, Sinán partió de las estructuras tradicionales con trompas no visibles desde el exterior en volúmenes perfectamente cúbicos. Continuó con bases cuadradas con pechinas, bases octogonales con trompas y bases hexagonales con trompas alternadamente.

Las cúpulas otomanas tenían otra diferencia con respecto a sus homónimas renacentistas. No eran esféricas desde el arranque sino que se constituían en sectores esféricos con un ángulo determinado. Por ejemplo el sector esférico de la cúpula de la Mihrimah Sultán es de 142°. Esta apertura angular es significativamente importante a la hora de definir las zonas de compresión-tracción de las cúpulas, ya que estas son muy sensibles a la variación angular.

En una cúpula semiesférica de apertura de 180° el punto de cambio compresión-tracción se sitúa en torno a los 52° medidos desde el centro de radio de curvatura. Este punto sube si se sobrecarga la cúpula con una linterna (Renacimiento y Barroco) o baja si se le practica un óculo (Panteón).

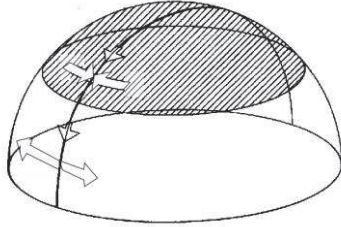


Fig.38. El cambio de compresión a tracción (en la sollicitación de los paralelos) se produce a los 52° , en una cúpula esférica de revolución. (Autor)

En la figura inferior se aprecia una comparativa sobre el ángulo de cambio de tensiones (52°) en cúpulas semiesféricas y la apertura del ángulo de la cúpula de la Mihrimah Sultán de Sinán. Hay que decir que estas cúpulas pueden asimilarse a cáscaras ya que según la moderna teoría de estructuras se puede considerar cáscaras o membranas aquellas estructuras superficiales que cumplen una relación entre el radio y el espesor del orden de $r/t \geq 20$, cual es el caso de las cúpulas bizantinas y otomanas. Las ventajas de la apertura angular de la Mihrimah Sultán contribuyen a aliviar la zona de tracción. Evidentemente el peso de la propia cúpula también es un factor determinante. Se puede estimar que una cúpula de fábrica de ladrillo, que es lo habitual en las cúpulas otomanas tiene una densidad de 1800 Kg/m^3 que arroja un peso total, obviamente, bastante menor que las 20.000 toneladas totales de la cúpula de Brunelleschi en Florencia.

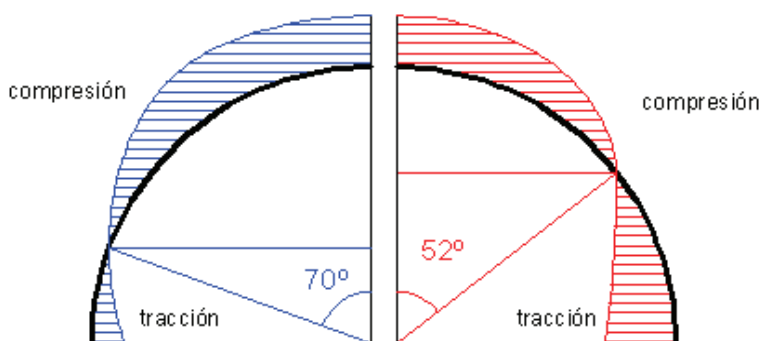


Fig.39. Esquema cúpula semiesférica y ángulo de apertura de la Mihrimah Sultán (azul). En la gráfica de color azul se observa la distribución de las zonas de compresión-tracción de una cúpula con un ángulo de apertura de 140° . En color rojo las correspondientes a una cúpula semiesférica. (Esquema del autor).

Tras este primer acercamiento a la arquitectura de Sinán se estima conveniente volver a la relación contemporánea de los edificios occidentales para profundizar más en la conexión entre el Renacimiento italiano y el Renacimiento otomano y que se verá más emparentado de lo que refleja la historiografía occidental.

Se van a hacer referencias a citas de determinados autores que constatan esas relaciones y que están recogidas en el libro de Gürü Necipoglu (8).

Spiro Kostof,(8).autor búlgaro nacido en Estambul en su libro “History of World Architecture” comenta que se ofrece una perfecta yuxtaposición entre los monumentos italianos y otomanos de los siglos XV y XVI, haciendo ambos referencia a Santa Sofía.

Estamos ante publicaciones “especiales” que huyen del eurocentrismo arquitectónico.

Por su parte Cornelius Gurlitt,(8). en su libro “Die Baukunst Konstantinopel” (Berlin 1912) nos refiere en un párrafo: “...como las formas romanas fueron revividas en el Renacimiento, con una noción totalmente nueva y una nueva arquitectura de la misma magnitud nació en Estambul con la inspiración tomada de Santa Sofía...”.

Franz Barlinger, historiador orientalista afirma que, sin lugar a dudas, Sinán es el gran maestro del Renacimiento turco. El estilo de Sinán optimiza la armonía ideal entre la técnica de la construcción racional y la proporción.

Sedad Hakki Eldem,(9). juzga a la arquitectura otomana como más moderna que la tradición constructiva del Renacimiento europeo que dio preponderancia a la fachada y el ornamento sobre el aspecto funcional.

Los edificios de Sinán son generalmente analizados como una evolución formal a lo largo de una línea histórica. Una etapa de búsqueda de la perfecta centralización y unificación de espacios cupulados calados de iluminación. Edificios que no han seguido este modelo han sido ignorados o juzgados como aberraciones.

Su estilo no era solamente un asunto de cronología por su concordancia entre los patrones de sus proyectos y su localización.

(8) Gürü Necipoglu. The Age of Sinán. Architectural culture in the ottoman empire. REAKTION BOOKS, London 2005. Pp. 14 y sucesivas. (Bibliog. nº 96).Este libro se antoja de obligada referencia en el presente estudio por su abundante información y por ser de un autor turco.

Spiro Kostof. *A History of Architecture: Settings and Rituals*, Oxford University Press, New York Oxford 1985. (Bibliog. nº 65)

Cornelius Gurlitt *Die Baukunst Konstantinopels*, Berlin 1912. (Bibliog. nº 55)

(9) Sedat Hakki Eldem. Nacido en Turquía en 1908, Sedat Hakki Eldem estudiado en Occidente antes de volver a Estambul para estudiar en la Academia de Bellas Artes. En 1932 se convirtió en profesor asistente en la Academia. En esta capacidad él actuó como un catalizador importante en el desarrollo de la arquitectura turca.

Se va a establecer en el presente punto una relación entre los templos de planta centrada cupulados en el Imperio otomano y en el Renacimiento italiano.

La simultánea emergencia de los edificios de planta centralizada cupulados de Italia y del Imperio otomano pueden ser, en parte, atribuibles al concurrente revivir de una tradición mutua romano-bizantina.

La remodelación de Constantinopla y Roma, por los sultanes y los papas durante los siglos XV y XVI nacieron sobre supuestos paralelos: la rehabilitación de los sistemas de almacenamiento y distribución de agua y el levantamiento de puentes, la creación de nuevos ejes urbanos para conquistar mayores territorios, y la preservación selectiva o demolición de monumentos antiguos, con los que competir en magnificencia.

En ambas ciudades los monumentos religiosos patrocinados por los sultanes y los papas propiciaron una grandeza emergente acorde con los monumentos del pasado imperial.

La ya referida nueva catedral de San Pedro en Roma, diseñada por Donato Bramante, surgió como el primer intento de planta centralizada de innovación arquitectónica patrocinada por sucesivos papas durante más de un siglo.

Una serie de mezquitas patrocinadas durante el mismo período por sultanes fue el otro paso, representando etapas en el desarrollo de ideas arquitectónicas que culminaron con la Selimiye en Edirne.

Tras la conquista de Constantinopla la aspiración de Mehmet II era la de revivir la fama de la ciudad como había sido en la época de Constantino y Justiniano.

Este proyecto está bien documentado y coincide con la planificación de Roma entre los papados de Nicolás V (1447-55) y Sixto IV (1471-84). Mehmet quería recuperar la fuerza, el poder y la gloria de la ciudad. Para este fin construyó grandes edificios siendo quizá el de referencia el complejo Fatih. El Sultán eligió personalmente el centro de la ciudad para su ejecución. El complejo de Mehmet integró elementos significativos de la tradición romano-bizantina y del Renacimiento italiano con un vocabulario arquitectónico otomano para crear un nuevo idioma imperial.

Tusūm Beg, historiador turco, definió este estilo como una nueva síntesis:

“... y él (Mehmet II) construyó una gran mezquita basada en el diseño de Ayasofia, no solo comparable con su arte, sino que incorporó modernas técnicas constructivas como un nuevo idioma equiparable en belleza...”.

Por su parte Giorgio Vasari hablando sobre Bramante se expresa: “...es un arquitecto que traslada la tradicional arquitectura romana dentro de un nuevo idioma con nuevas invenciones: mientras que los griegos inventaron la arquitectura y los romanos la imitaron, Bramante no solo incorporó nuevas invenciones sino que los incrementó en belleza y dificultad artística...”.

La ambición de Mehmet de competir con la cúpula de Hagia Sofia estaba claramente en el horizonte de los arquitectos del conquistador y cuyo jefe era Atik Sinán.

La simetría bilateral, axial del complejo de Mehmet construida en una gran explanada que valora las subestructuras parece haber sido inspirada por los conceptos renacentistas de planeamiento ideal. Su composición ha sido comparada con la planta del Ospedale Maggiore de Milán que es incluido en el repertorio de Antonio Arvelino, conocido como Filarete. Se sabe que este arquitecto intentó visitar Estambul en 1465 aunque no está documentado si al final pudo realizar el viaje o no.

Filarete combinó experiencias en Florencia, en el círculo de Brunelleschi, que completó la doble cáscara de la cúpula de la catedral de Florencia antes de la construcción de la mezquita de Uç Serefeli. La actividad de Filarete en la corte de Francesco Sforza en Milán tuvo una importante papel en la difusión de plantas centralizadas cupuladas a lo largo del norte de Italia.

El sucesor de Mehmet II, su hijo Bayaceto II solicitó la ayuda de Miguel Ángel y Leonardo para la construcción de un puente en el límite del Cuerno de Oro; el boceto del proyecto en un libro de notas de Leonardo de 1502 es cumplimentado con la traducción al turco de la carta que Leonardo remitió al sultán en el que se incluían otros posibles proyectos como un puente sobre el Bósforo. Una nota marginal confirma que Miguel Ángel estuvo involucrado en el mismo puente. El proyecto nunca fue construido, pero el intento de Bayaceto de procurarse los servicios de los artistas líderes del Renacimiento para sus construcciones muestra su visión global sobre las actuaciones internacionales.

Por otro lado, en Roma bajo el papado de Julio II se quiere emular la antigua grandeza de Roma. San Pedro era la primera gran catedral de Italia. Los dos minaretes de la mezquita de Bayaceto II fueron construidos entre 1501 y 1505, justo antes de que los arquitectos de Julio II empezaran a preparar el proyecto de la nueva catedral de San Pedro, proyectada en directa alusión a la superestructura de Hagia Sofia que ya retomó antes Mehmet II.

La planta híbrida de la mezquita de Bayaceto puede ser interpretado como un tributo a la cultura de los ghazis y derviches que le ayudaron a ascender al trono.

El diseño centralizado de Bramante para la iglesia fue un intento de superación, en cuanto a magnificencia, de otros monumentos de la cristiandad.

El perfil con cúpulas semiesféricas y dos minaretes a modo de torres de las mezquitas de los sultanes de Estambul (Hagia Sofia, Mehmet II camii y Bayaceto II camii) han sugerido que el modelo de Bramante de gran iglesia cupulada podían haber bebido en las fuentes de Santa Sofía. La fama postbizantina fue alimentada por numerosos textos de peregrinos de ambas cortes, la otomana y la italiana.

El propósito inicial de planta centralizada de Bramante fue pronto transformado en una planta de cruz latina quizá porque era más apropiada para la devoción cristiana en términos litúrgicos.

Esta indecisión entre planta de cruz griega y planta de cruz latina fue una sucesión en los arquitectos que intervinieron en el proyecto de la nueva San Pedro hasta que fue resuelto, al fin, por la planta centralizada de Miguel Ángel (1558-61). Cuando Miguel Ángel propuso esta ya era conocedor y había estudiado las cúpulas de Santa María de las Flores, la del Panteón, e incluso la de Santa Sofía.

Miguel Ángel también tenía información de los procesos constructivos de las cúpulas de las mezquitas de Sinán, particularmente la de Suleimaniye, construida casi al mismo tiempo (la base de la cúpula de San Pedro fue completada en 1552 y la linterna en 1564). Desafortunadamente Miguel Ángel solo llegó a ver acabado el tambor (f.40).



Fig.40. Estado del tambor de San Pedro a la muerte de Miguel Ángel. Dibujo de artista desconocido 1570. (Mainstone. Structure in Architecture. History, Design and Innovation. Ashgate 1999)

Sir Christopher Wren, ya muy entrado el siglo XVII, explicó en su segundo tratado de arquitectura (1680) que para la bóveda de la catedral de San Pablo, él se había basado en la técnica constructiva de la cúpula de Santa Sofía. El

esquema de Wren se basa en un majestuoso y ligero perfil de la cúpula exterior de madera revestida de plomo, sustentada mediante un cono no visible de ladrillo rodeado de cadenas, de sólo 46 centímetros de grosor, el cual también soporta una linterna de piedra de unas 850 toneladas y una cúpula de ladrillo separada. En contraste con el mecanismo de la cúpula de San Pedro, el cono de ladrillo de San Pablo está formado por generatrices rectas y está comprimido por la pesada linterna central. De ahí que el cono, que proporciona además casi todo el soporte de la cúpula exterior vista, experimenta compresión en lugar de la perniciosa tracción característica de las pesadas cúpulas semiesféricas.

En contraste con la de San Pedro, la sencilla cadena de hierro de Wren demostró ser suficiente para mantener la integridad de su relativamente ligera estructura contra los empujes externos. (10).

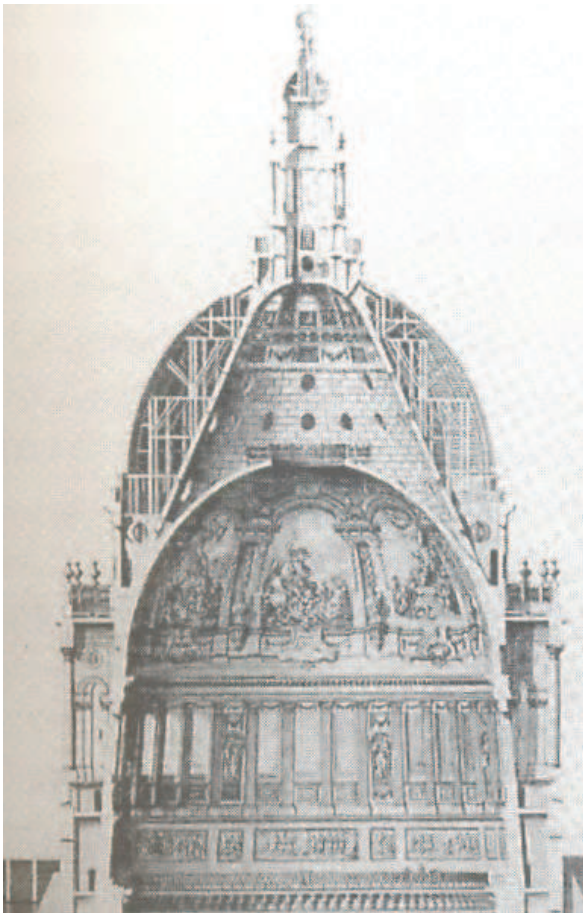


Fig.41. Catedral de San Pablo. Sección transversal a través de la gran cúpula. (J. Gwyn, 1735). (Robert Mark).

(10) Robert Mark. Tecnología arquitectónica hasta la revolución científica. Akal/textos de arquitectura. Massachusetts Institute of Technology, 1993. Pp.210, 211. (op. ct.). (Bibliog. nº 85)

A continuación se ofrecen tablas comparativas de los mencionados edificios romanos, bizantinos y renacentistas. (Tablas del autor).

<i>Obra</i>	<i>Año</i>	<i>Autor</i>
Panteón (edificio completo)	118-125	Apolodoro de Damasco
Santa Sofía (edificio completo)	532-537	Antemio de Tralles Isidoro de Mileto
Sta. Mª de las Flores (cúpula)	1420-1445	Filippo Brunelleschi
San Pedro (cúpula)	1589-1591	Proyecto definitivo: Miguel Ángel

Tabla 1. Cronología de construcción, autores

<i>Obra</i>	<i>Diámetro (metros)</i>
Panteón	43.30
Santa Sofía*	30.00
Sta. Mª de las Flores	42.00
San Pedro	42.20

Tabla 2. Dimensiones cúpulas

* La cúpula de Santa Sofía es elíptica de 30x32m aproximadamente debido a las deformaciones sufridas durante su construcción.

<i>Obra</i>	<i>Espesor medio (metros)</i>	<i>Características</i>	<i>Materiales fundamentales</i>
Panteón	2.25	Única cáscara	Hormigón puzzolánico
Santa Sofía	0.80	Única cáscara	Ladrillo
Sta. Mª de las Flores	4.40	Dos Cáscaras	Piedra+ladrillo
San Pedro	3.00	Dos Cáscaras	Piedra

Tabla 3. Espesor, características, materiales de las cúpulas

<i>Obra</i>	<i>Sección</i>	<i>Remate</i>
Panteón	Cúpula semiesférica	Óculo
Santa Sofía	Cúpula semiesférica (apertura 140°)	-----
Sta. M ^a de las Flores	Perfil apuntado. Quinto Agudo ambas cáscaras	Linterna
San Pedro	Cáscara interior: semiesférica Cáscara exterior: apuntada	Linterna

Tabla 4. Características formales de la sección de la cúpula

<i>Obra</i>	<i>Diámetro (metros)</i>	<i>Espesor (metros)</i>	<i>Esbeltez L/t</i>
Panteón	43.30	2.25	19.11
Santa Sofía	30.00	0.80	37.5
Sta. M ^a de las Flores	42.00	4.40	9.54
San Pedro	42.20	3.00	14.06

Tabla 5. Esbeltez de las cúpulas (L/t)

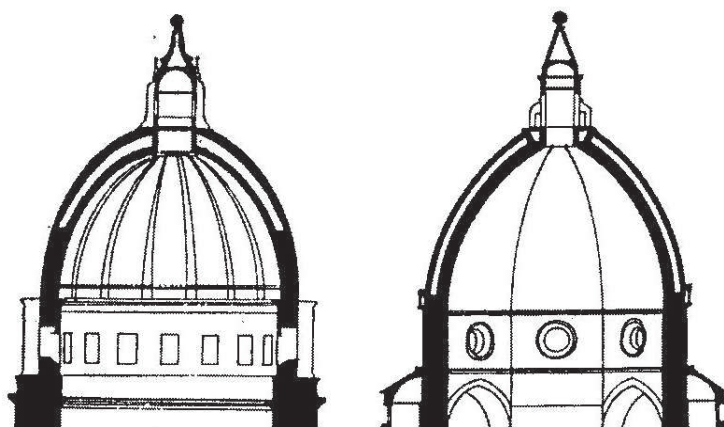


Fig.42. Cúpulas de San Pedro y Santa María de las Flores. (Heyman)

En este proceso de relación o de puesta valorativa entre el Renacimiento italiano y el otomano hay que citar otro arquitecto renacentista italiano como fue Andrea Palladio.

Se sabe que Palladio y Sinán se carteaban y conocían cada uno el trabajo del otro.

Palladio creó una tipología flexible de edificios adaptados a las élites venecianas. Las villas e iglesias de Palladio se concentraban, prácticamente en su totalidad en Venecia y Vincenza. Ambos arquitectos sacaron lecciones prácticas del estudio de las antiguas ruinas de Roma y Constantinopla respectivamente. Estos paralelismos podrían derivarse de las tradiciones de Venecia y Estambul, ambos con lazos comunes del Imperio bizantino, además de su similar topografía, inseparable del mar.

Con Palladio y Sinán las dos ciudades, Venecia y Estambul, inventaron su propio renacimiento; pragmático, flexible, radiante y luminoso. Se puede decir que en la segunda mitad del siglo XVI el horizonte urbano cambió con las realizaciones de ambos arquitectos.

Es evidente la circulación de ideas y de planos arquitectónicos en ambos sentidos entre Italia y Constantinopla.

Sinán combinó un repertorio limitado de formas canónicas en uso desde las últimas décadas del siglo XV. En su autobiografía se muestra sumamente interesado por los ejemplos del pasado, lejano como Santa Sofía o más recientes como la Uç Serefeli y las mezquitas de los sultanes anteriores a esta época; Mehmet II y Bayaceto II. Ellos encontraron una elegante solución a los problemas estructurales y proporcionaron un sistema de arquitectura dinástica. Sus mezquitas constituían una integración de variados sistemas de elementos sustentantes y superestructuras de cúpulas.

Sinán erigió sus luminosas mezquitas con un sustancial margen de seguridad y experimentó libremente con las estructuras cupuladas centralizadas. Fue capaz de realizar sus innovadores diseños conceptuales en mezquitas construidas para un amplio elenco de patronazgos.

Sus conceptos de mezquitas fueron una coordinación de infraestructura y superestructura, combinando líneas de ventanas con arcos apuntados islámicos y arcos semicirculares romanos con cúpulas semiesféricas.

Antes de entrar de lleno en las tres mezquitas más celebradas de Sinán (Sehzade Mehmet, Suleimaniye y Selimiye) es necesario situar su arquitectura y su época aparte de lo ya esbozado. Este punto puede y debe ser aclaratorio para la comprensión y análisis de sus obras al servicio de los sultanes.

Debido a distintas corrientes críticas y coyunturales que, en parte, ya se han aportado aquí, quizás la obra de Sinán haya sido perjudicada o no lo suficientemente valorada por opiniones que sugieren que primeramente los otomanos copiaron las obras de los bizantinos a los que conquistaron. Por supuesto que Sinán estudió cuidadosamente la arquitectura de Santa Sofía, pero con el esparcimiento de la cúpula de Selimiye y su armoniosa conjunción de cubo y cúpula constituyó diferentes caminos y se separó de los conceptos bizantinos. (11).

Se ha de profundizar en los elementos clave del proceso evolutivo de Sinán. Esto responderá a múltiples preguntas y aclarará cuestiones poniendo los conceptos en su justa medida.

La cúpula, para él, no es simplemente soportada como un edificio en lo alto de otro edificio como había pasado durante el Renacimiento italiano pero que raramente está fusionada con el resto. Esta fusión, en la arquitectura clásica otomana, está integrada en una región intermedia, animada por arcos, pechinas y nichos que procuran el paso de la quietud de la sala de oración a la cúpula en perfecto balance. En esta región intermedia se pueden ver todas las innovaciones arquitectónicas de Sinán, todos los artificios (la luz penetrando por la base de la cúpula al prisma de la base, la ligereza de las pechinas...) dan la sensación de un espacio ascendente, desde el suelo a lo más alto de la cúpula.

Sinán consigue la eliminación de la distinción entre elementos soportantes y soportados. En el espacio interior se da el mismo caso, el espacio debe ser completa y absolutamente visible desde cualquier punto

La interpenetración de sólidos en el organismo de la mezquita (cubo y esfera) dibuja soluciones compositivas para las diferentes combinaciones de plantas obtenidas de inscribir una figura primaria dentro de otra.

El estatus simbólico de la mezquita.

La abstracción de un centro físico, de un punto de atracción de igual importancia que el altar cristiano es un hecho esencial para la comprensión de la estrategia espacial de diseño de la mezquita.

El único elemento que tiene el “mismo valor” en el Cristianismo y el Islám es el lugar de “la palabra”. El mimbar y el ambón, que representa la misma función ritual.

(11) Wolfgang Voit. Editor del catálogo del DAM (Deutsches ArchitekturMuseum). Frankfurt. (Bibliog. nº 16)

En la mezquita el eje de simetría longitudinal que termina contra la pared opuesta a la entrada indica una dirección únicamente, no un camino.

Es interesante hacer notar que el muro de la quibla no es diferente de los otros muros. Las mezquitas de Sinán tendrían las cuatro paredes exactamente iguales, incluso la quibla tiene el mismo número de ventanas que el resto de las paredes.

La cúpula es como un símbolo de la “unidad sin distinciones” de Dios. La cúpula representa perfectamente su esencia omnipresente. La cúpula transmite la idea de orden cósmico. La maestría de Sinán reside en su habilidad para unir la cúpula con sus elementos adyacentes, así la cúpula no es simplemente soportada (como en el Renacimiento italiano).

El espacio estático de la sala de oración, en conjunción con el dinamismo de los elementos abovedados y la congelada referencia de la cúpula son las bases por lo que se puede comprender el efecto de espacio suspendido típico de las mezquitas del maestro Sinán. Efecto este perceptible en Santa Sofía.

En los edificios del Renacimiento italiano la cúpula se trataba como un elemento aparte como se puede ver en Santa María de las Flores en la cual Brunelleschi fue contratado para esta tarea, o en el tratamiento de la cúpula de San Pedro por Miguel Ángel.

Para mejorar el conocimiento de las premisas planimétricas de Sinán se debe abandonar la estructura lógica de la composición artística de Occidente. Todo arranca de un orden hierático en el que partes están dominando o son subordinadas en la “maquinaria constructiva”. Pero la gradación es enemigo natural de la integración. Para analizar las mezquitas de Sinán se puede decir que la integración prevalece sobre la gradación. La teórica obsesión de Sinán es la absoluta integración del espacio; no dividirlo, encumbrarlo o fragmentarlo.

La desgracia crítica de Sinán.

La obra de Sinán es solamente entendible sin los parámetros de la arquitectura islámica, de la que es fundamentalmente una parte. Clasificarlo con la simpleza de un producto de la conjunción cultural entre las tradiciones bizantinas e islámicas, sería el mismo error que referir la arquitectura bizantina como un “cansancio” de la arquitectura romana que la precedió.

Las voces de muchos historiadores turcos se han alzado en protesta contra el eurocentrismo de la cultura mediterránea, por ejemplo Aptullah Kuran (12) por

(12). Aptullah Kuran (4 de diciembre de 1927, 01 de abril 2002) fue un turco experto estudioso de la arquitectura otomana y presidente fundador de la Universidad de Bogazici . Después de graduarse de la universidad Robert aceptó una licenciatura y maestría en Arquitectura en Yale. Volvió al Robert College en 1968 y se convirtió en el primer presidente de la misma cuando Robert College convierte en una universidad estatal por las autoridades turcas. Estudioso contemporáneo de la arquitectura otomana mencionado largamente en el presente trabajo junto con algunos de sus escritos. (Bibliog. nº 71, 72 y 73)

sus meticulosos estudios de las obras de Sinán o Dogan Kuban (13) por sus estudios y agudas observaciones de la estructura lógica de las mezquitas de Sinán en comparación con las experiencias del Renacimiento italiano.

Por otra parte al final del siglo XIX Auguste Choisy (14) introdujo una corriente de aire fresco en los estudios de las grandes estructuras del pasado. Sus intereses constructivos fueron cruciales para la historia de la arquitectura desde la retórica estilística. Sin embargo, comete tres graves errores en el tratamiento de Sinán que fueron retomados por otros tras él.

- Presentar las mezquitas de Sinán en el capítulo del libro de arquitectura bizantina.
- Deriva las principales mezquitas de Sinán del modelo de Santa Sofía, como si fuese una diferente combinación del balance entre la cúpula y sus soportes.
- Llama a la arquitectura griega y no turca.

Estos tres errores fueron consecuencia plena de las críticas occidentales y fueron por ello examinadas con gran atención. (15)

Un proyecto cultural Imperial.

El débito de la arquitectura otomana a la bizantina ha sido consistentemente exagerada por los críticos, incluso algunos han llegado a considerarlo como una especie de “plagio formal”. En su inexorable avance hacia occidente los turcos se fueron islamizando a sí mismos de forma natural y asimilativa.

La arquitectura árabe fue naturalmente atacada por el Imperio bizantino. Aunque fueron inmunes al contagio “figurativo” hay mucho de ello para aprender en la experimentación constructiva.

El corazón de la aventura de los otomanos está cimentada en Europa, en la ciudad marítima que fue conquistada y traicionada entonces: Estambul. Con este poder organizativo y de planeamiento, y con la inercia producida por sus problemas geográficos, la Nueva Roma pudo causar que la cultura otomana se dirigiese en dirección europea aunque volcada hacia una fuerte teocracia.

(13). Dogan Kuban. Nació en París de familia circasiana en 1926. Obtuvo su licenciatura en arquitectura en la Universidad Politécnica de Estambul. Ejerció la docencia entre 1960 y 1970 dedicándose posteriormente a la investigación. En el presente trabajo se han obtenido datos de sus libros: Una historia urbana de Estambul. Estambul 1996, reedición en inglés en 2001, y Sinán. Un genio de la arquitectura otomana. Estambul 1999.

(14). Auguste Choisy. El arte de construir en Bizancio, (original 1883). Instituto Juan de Herrera. ETSAM. 1997. (op. ct.) (Bibliog. nº 20)

(15). Augusto Romano Burelli y Paola Sonia Genaro. Sinán's Mosque. ED. Deutsches ArchitekturMuseum. Frankfurt. Noviembre 2008. P. 92. (op. ct.).(Bibliog. nº 16)

Las tres capitales del Imperio: Bursa, Edirne y Estambul fueron tres paradas a lo largo del camino hacia una evolución natural de la arquitectura que solo debe reconocer débitos a la cultura islámica, particularmente a la del Primer Islam.

La nueva arquitectura otomana es una clara manifestación de la refundación de un nuevo poder. El tema de la gran cúpula y las dimensiones de la sala de oración llegó a ser una constante preocupación del Sultán y de su corte de arquitectos.

Es esta una cultura de arquitectura agresiva que se queda distante de la cultura de las gentes que han dominado y conquistado.

Mehmet II “El Conquistador” fue también un gran admirador de Grecia y de lo griego y visitó personalmente los santuarios arquitectónicos de Atenas, Corinto y Delfos, incluso en el interior del Partenón fue construida una mezquita con un baldaquino octogonal. (fig. 43)



Fig.43. El Partenón con la pequeña mezquita en su interior (dibujo de Arundale, 1834)

La cultura otomana se concibió a sí misma como una antagonista de la cultura cristiana y de todas las que la precedieron. Las iglesias bizantinas precedentes que fueron transformadas en mezquitas fueron solo las que tenían planta centralizada (Santos Sergio y Baco sería un buen ejemplo).

El poder del impulso liderado con la experimentación del espacio (en lo cual se centró Sinán durante 50 años) inauguró una nueva era de la arquitectura islámica que se liberó de la dependencia de una excesiva decoración mimética del pasado.

El espacio de la mezquita y su unidad llegó a ser la preocupación central de los arquitectos. En cualquier caso incluyendo la tradición decorativa como subordinada a este campo.

Las raíces de toda experimentación podían ser definidas como: “un organismo centrado que es culminado en su eje vertical por una cúpula”. La palabra “organismo” y no “tipo” está elegida intencionadamente. El gran ciclo de obras inaugurado por Sinán no debe ser clasificado como una tipología.

El organismo centrado rematado con cúpula es la concatenación de todos los elementos inferiores; el pórtico, la madrasa, el baño, la escuela coránica, etc. proponen todos ellos una síntesis arquitectónica autosuficiente en una ordenada isla arquitectónica en la caótica factura de la ciudad otomana, que es en sí mismo como un pequeño archipiélago de islas de arquitectura.

La cúpula es la verdad, la cumbre de la concepción metafísica del espacio.

Olvidando lo bizantino.

Durante el largo sitio de Constantinopla, el volumen de Santa Sofía recortando desde una de las siete colinas debía aparecer a los turcos, que miraban desde el lado asiático del Bósforo como un milagro de la más avanzada tecnología (algo así como lo experimentado con el “fuego griego”), veían una cúpula soportada sobre un cubo.



Fig.44. Panorama de Constantinopla dibujado in situ por Melchior Lorichs

Desde fuera de las murallas la visión de los turcos debía ser de incredulidad; exactamente ¿cómo una cúpula de semejante tamaño se sostenía a sí misma?, particularmente además les era imposible ver el nivel de las estructuras soportantes ocultas entonces por casas y diversas edificaciones. El gigantismo de Santa Sofía era un claro símbolo de un invencible poder. Era lógico que los sultanes, en su momento, se intentaran liberar del poder de aquella con el tamaño de sus mezquitas, excediendo si era posible sus dimensiones.

Tras la conquista de Constantinopla Mehmet II empezó el desafío. No con lo bizantino que él conocía; corrupto, impotente y litigante, pero con el logro Justiniano, un desafío a ocho siglos de distancia. La mezquita Fatih sería la más grande y alta de las precedentes. La trilogía de las mezquitas de los sultanes en Estambul representa la evolución en este desafío: la Fatih, la de Bayaceto II y la Sehzade Mehmet tomaron diferentes caminos que escenificaron la cúpula central flanqueada por una, dos o cuatro semicúpulas auxiliares.

Un siglo después de la caída de Bizancio, bajo el impulso de ambiciosos sultanes que se proclamaban a sí mismos los herederos del Imperio Romano oriental, el desafío empezó a madurar. Bajo Süleyman “El Magnífico” el desafío cambió llegando a ser más refinado intelectualmente y conceptualmente de forma más natural, dibujando, dimensionando y orientándose constructivamente desde los mismos puntos fijos. En la época de Sinán lo bizantino, después de todo era algo lejano, una cultura latinizada incomprensible para los turcos.

La cúpula que simbolizaba la perfecta unidad de Dios partía de la arquitectura musulmana desde sus más tempranos orígenes. El monumento más antiguo conocido por nosotros es la Cúpula de la Roca de Jerusalén y puede presumir que el abovedamiento de su cúpula esférica fue afirmada en el momento de su construcción.

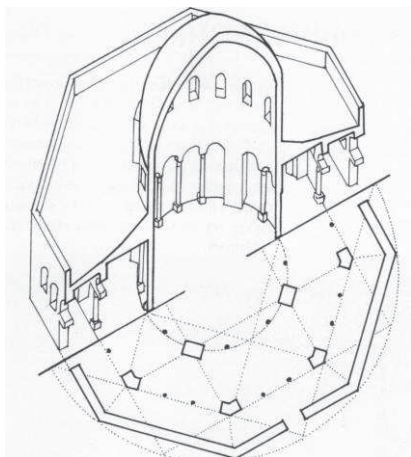


Fig.45. Cúpula de la Roca. Jerusalén. Año 691



Fig.46. Fotografía de la mezquita de la Cúpula de la Roca. (Arte y arquitectura del Islám).

Terminada en el 691, la Cúpula de la Roca es el monumento islámico más antiguo que se conserva y muy probablemente el primer gran empeño artístico de los omeyas. El propósito original de la Cúpula de la Roca era conmemorar la victoria del Islám que completa la revelación de los otros dos credos monoteístas, y competir en esplendor y magnificencia con los grandes santuarios cristianos.

El edificio tiene una gran cúpula central (de unos 20 metros de diámetro por 25 de altura) formada por dos cubiertas de madera originalmente doradas por la parte exterior y colocadas sobre un tambor elevado con dieciséis ventanas en la parte superior. Se apoya en una arcada circular de cuatro pilares y doce columnas, alrededor de la parte central hay dos girolas separadas por una arcada octogonal de ocho pilares y dieciséis columnas. (15)

(15). Richard Ettinghausen y Oleg Grabar. Arte y Arquitectura del Islám 650-1250. Manuales Arte Cátedra. Primera edición 1996. Pp.33-34. (Bibliog. nº 37)

En la época de Sinán la cúpula llegó a ser la cobertura típica de edificios de carácter colectivo. La unidad arquitectónica de los conjuntos turcos dependía en gran parte, precisamente de esta elegante solución espacial.

La bóveda esférica postulaba un espacio único que proyectado desde la tierra fija una posición de los elementos sustentantes. Requiere una simetría de soportes proyectada en un balance geométrico alrededor de su cenit. Los soportes están inscritos en una planta regular: cuadrado, hexágono u octógono. La isotropía de los encuentros de la cúpula a lo largo de su perímetro inferior necesita una precisa geometría de los soportes y una disposición equilibrada de los mismos.

Las fuerzas horizontales producidos por terremotos (Turquía es una zona de actividad sísmica) o el asiento diferencial de un soporte puede provocar un completo colapso. La transferencia de peso puede ser compensada por semicúpulas laterales. Este sistema de interdependencia impuesto por la cúpula como espacio ordenador de la cubierta podemos localizarlo en las escenas de crecimiento espacial de Sinán y en particular su desafío dimensional y tecnológico a Santa Sofía. Como ya se ha reiterado Santa Sofía tuvo sus problemas ya desde el inicio de su levantamiento (ya citados anteriormente por Procopio de Cesarea en su libro *De Aedificiis*).

Los turcos tenían gran respeto por Santa Sofía y su estado de conservación. En su momento se llamó a ingenieros militares para ayudar a la reparación de la estructura. Sinán era un hombre que conocía su oficio, experimentando en la construcción de puentes, fortificaciones y máquinas de guerra llegó a ser el jefe de arquitectos de la corte del Sultán. Él estudió cuidadosamente los defectos de Santa Sofía comprendiendo sus secretos plásticos de sus muros y cúpulas bajo las coberturas de plomo.

Comprendió la verdadera dimensión de los problemas constructivos que se derivaron de sus soluciones formales. Por ejemplo, la corona de ventanas, ¿es una némesis figurativa o una necesidad constructiva? Santa Sofía era oscura, solo ayudaba a iluminar las proyecciones de los rayos de sol sobre los mosaicos.

Cuando se discute acerca de las numerosas mezquitas de Sinán no se puede hablar simplemente de modelos o tipos, pero quizás si de “escenas espaciales”. Un mérito adicional de Sinán reconocido como un consenso crítico es el caso por el que la configuración interna del espacio de las mezquitas debe ser entendido desde la observación de la estructura. Este es claramente el resultado de su capacidad de dominación del desafío estático de las grandes cúpulas.

10. SEHZADE MEHMET

El príncipe Sehzade fue el primogénito del sultán Süleyman y su esposa Hürrem. Sehzade Mehmet murió en 1543, quizá de forma prematura, a los 23 años de edad. La dinastía sucesoria del matrimonio del sultán Süleyman y Haseki Hürreim fue: Sehzade Mehmet, que debía ser el sucesor natural, nacido en 1520 y muerto en 1543, Selim; nacido en 1524, Bayaceto, nacido en 1525 y Cihangir nacido en 1530.

Tras la muerte del príncipe y heredero, el sultán Süleyman le encargó a Sinán el mausoleo y la mezquita conmemorativa de este, mientras que Sinán ya llevaba trabajando un año en la Mihrimah sultán. Evidentemente este encargo prevaleció sobre el trabajo que estaba desarrollando y Sinán se volcó en la nueva tarea.



Fig. 1. Mezquita de Sehzade Mehmet en Estambul. Mimar Sinán.(Necipoglu).

También conocida como la mezquita del Príncipe el conjunto debía estar constituido por una mezquita de viernes exultante, una madrasa, un hospital, un hospicio y una escuela elemental para el estudio del Corán. El lugar para su ejecución, junto a los aposentos reales, debe ser interpretado como un gesto político.

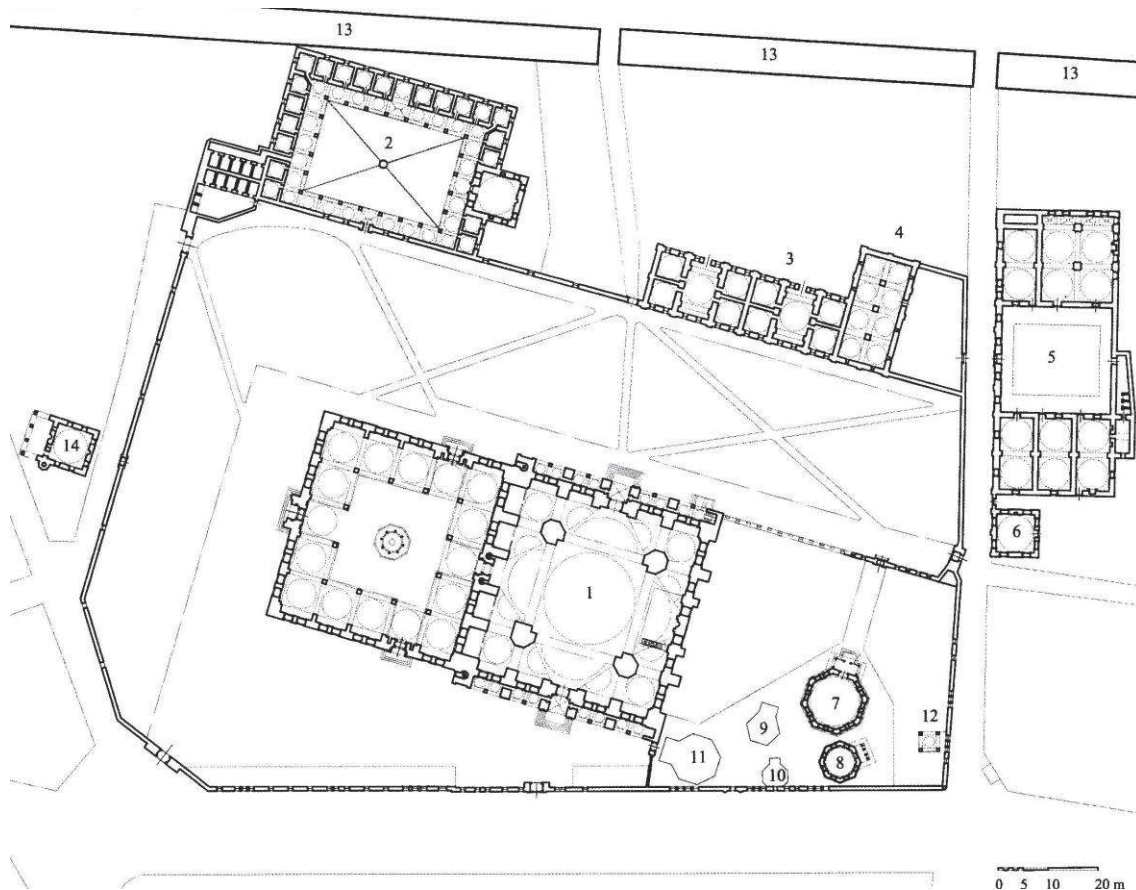


Fig. 2. Complejo de Sehzade Mehmet en Estambul. Mimar Sinán. 1. Mezquita, 2-6. Edificios de beneficencia y escuelas, 8-12. Mausoleos de sultanes, 13. Acueducto de Valente, 14. Mezquita trabajadores

El complejo está situado entre una importante avenida ceremonial conocida como Divanyolu y una obra del período romano cual es el acueducto de Valente. El acueducto se detiene abruptamente en la parte norte del complejo. Sinán movió la mezquita y su jardín funerario a la esquina de Divanyolu, de la que le separa con una pared semitransparente calada de ventanas de cerrajería.

La composición asimétrica del complejo maximiza la visibilidad del mausoleo y la fachada oeste de la mezquita desde la avenida pública.

El plan modular de la mezquita Sehzade ha sido, a menudo, comparado con el de las iglesias de planta centralizada del Renacimiento italiano. Se podría catalogar como la culminación racional de las mezquitas de los sultanes previas; Mehmet II y Bayaceto II en la capital. Mezquitas cuyas cúpulas descansan en cuatro soportes y con semicúpulas que la flanquean. La

configuración del espacio interior está plenamente reflejado en el exterior de la mezquita. Las cuatro semicúpulas flanqueando la central y acompañadas de exedras nunca se habían usado antes en la arquitectura otomana. El descenso piramidal de superestructuras con formas curvas dentro de la rigidez cúbica se había dado en las mezquitas de Mehmet y Bayaceto, recordando a Santa Sofía.

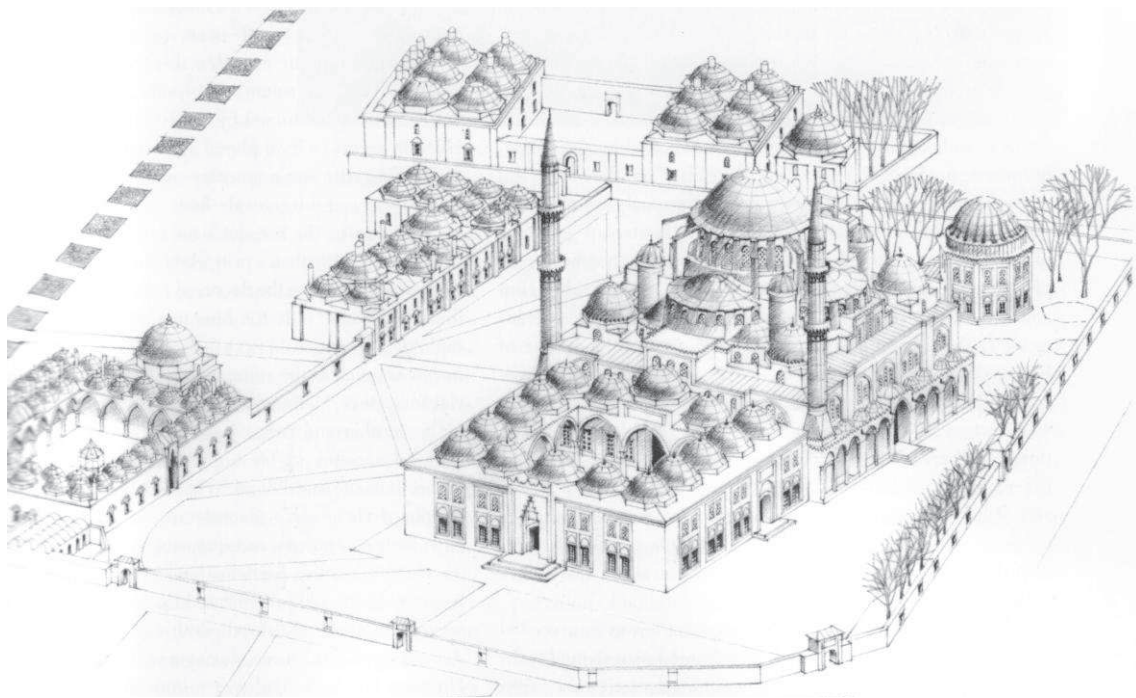


Fig.3. Complejo de Sehzade Mehmet en Estambul. (Necipoglu)

La armonía proporcional entre la silueta piramidal y la integración de los minaretes es otra innovación. La unificación interior del espacio de la mezquita de Sehzade aúna el concepto de centralización con una armoniosa orquestación de semicúpulas y exedras que descienden fluidamente desde la cúpula central hasta encontrarse con las cuatro paredes del cerramiento.

La mezquita de Sehzade es la primera de las tres mezquitas de los sultanes en un nuevo estilo. La planta tipo del complejo de la Sehzade Mehmet en Estambul nunca fue repetido para un príncipe.

La Sehzade Mehmet se presenta como un ejercicio preparatorio para la mezquita de Suleimaniye, donde está el embrión de la innovación para la formación de la síntesis clásica. Dos décadas después de la terminación de la Sehzade la concepción del espacio centralizado fue consumada en la Selimiye, cuando Sinán llevó a la plenitud su imaginación poética.



Fig. 4. Mezquita de Sehzade Mehmet en Estambul. Alzado lateral. Dibujo en grafito. (The Age of Sinan. Gürü Necipoglu)

La mezquita propiamente dicha consiste en dos masas cuadradas adyacentes, una cerrada y otra abierta, enmarcadas por dos alminares. La superestructura cupulada en forma de cuadrado cerrado está compuesta de una cúpula central reforzada por cuatro medias cúpulas así como por otras cuatro pequeñas cúpulas que llenan las esquinas entre ellas. Esta superestructura jerárquica está situada sobre muros reforzados por cinco contrafuertes cada uno. Los contrafuertes están situados en la superficie externa de la pared en el lado de la quibla, de modo que la pared interna, la parte que da a la congregación, permanece libre de elementos estructurales que destruirían el efecto de continuidad. De un modo semejante, para proveer de una superficie sin interrupción a la pared del pórtico, los contrafuertes del lateral norte se han situado en el interior de la sala. Sin embargo apenas se es consciente de ellos ya que funcionan como elementos que separan los nichos privados en la zona trasera de la sala. El mismo sistema se utiliza en las paredes laterales, donde los contrafuertes están integrados en galerías que dan al edificio monumental una escala humana, a la vez que aligeran la pesada masa de piedra de la sala. Tenemos un tratamiento semejante en el patio para aliviar el peso aplastante de las paredes de piedra.

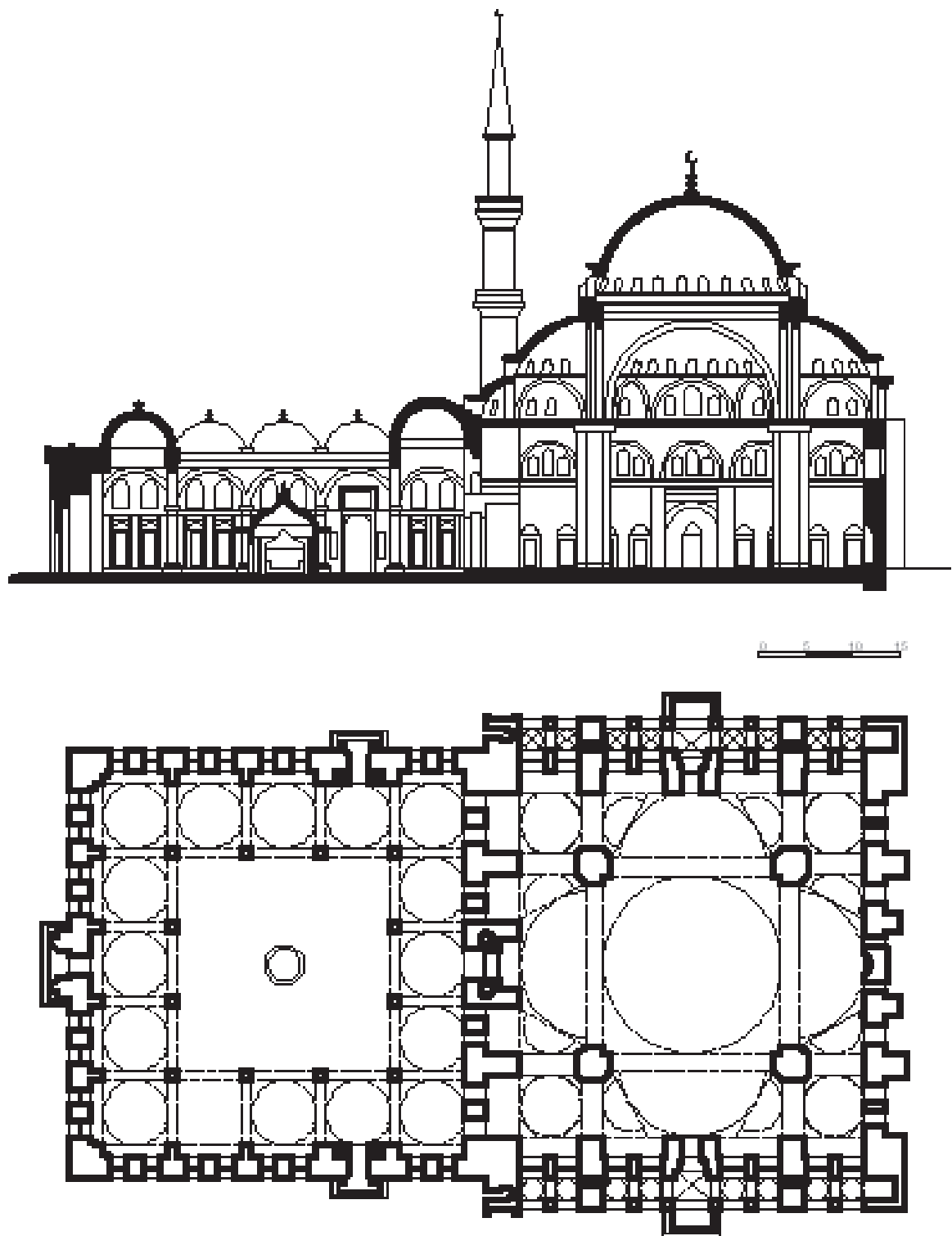


Fig. 5. Mezquita de Sehzade, también conocida como la Mezquita del Príncipe. Planta y sección longitudinal. (Dibujo del autor).

El tema de los contrafuertes exteriores para ayudar a la evacuación de cargas es una constante desde la mezquita de Uç Serefeli, pasando por la de Mehmet Fatih y la de Bayaceto. Es un recurso estructural recurrente que se repetirá en las mezquitas de los sultanes hasta la Mezquita Azul.

Como ya se vio en capítulos anteriores Sinán tuvo que “desplazar” el trabajo en la Mihrimah Sultán para dedicarse de lleno a la Sehzade debido a la urgencia de Süleyman, por eso se terminaron al unísono aunque la Mihrimah llevaba un año de adelanto en su construcción.

Al examinar sus plantas se hace patente su analogía, pero la Mihrimah no tenía aun la frescura que conseguirá Sinán en la Sehzade. Tenía todavía lastres del pasado como el pórtico de cinco tramos siempre presente en las mezquitas otomanas hasta ahora; con la Sehzade cambiaron muchos conceptos.

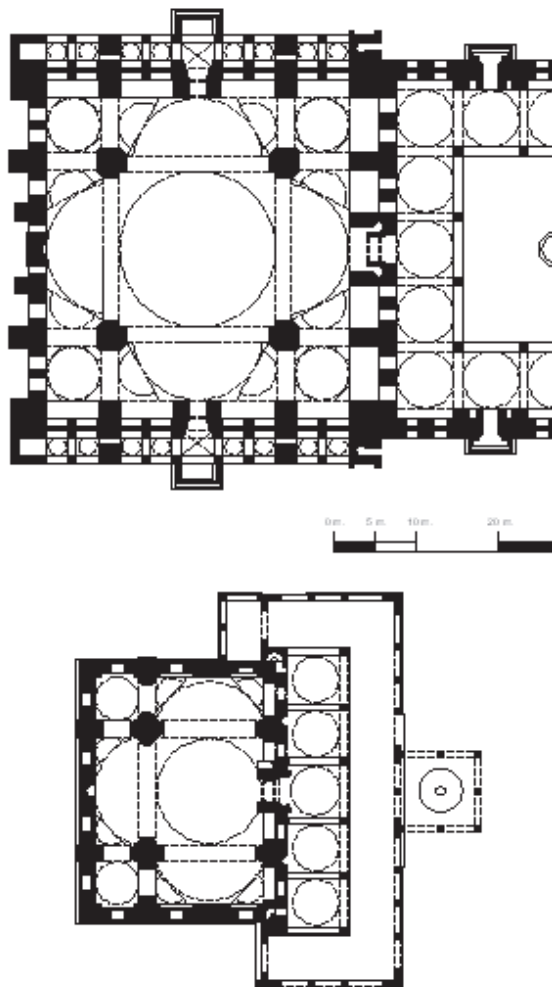


Fig. 6. Plantas de la Mezquita de Sehzade Mehmet y Mihrimah Sultán, misma escala. (Dibujo del autor)

En la comparativa de la figura anterior se aprecia claramente la analogía entre ambas. Se antojan bastante similares en planteamiento, pero la centralidad total no se da en la Mihrimah debido a la presencia del pórtico de cinco tramos. No obstante el sistema de cúpula central y semicúpulas de contrarresto, incluidas las cúpulas en las esquinas es idéntico conceptualmente.



Fig.7. Interior de la Sehzade Mehmet. (Fotografía del autor).



Fig.8. Interior de la Sehze Mehmet. Detalle de las semicúpulas (exedras) de las esquinas y los tirantes de hierro de las cúpulas de las esquinas del edificio. (Fotografía del autor).

A pesar de todo la Sehze Mehmet, aunque innovadora por la unidad del espacio sigue las mismas técnicas constructivas en boga que se habían revelado como muy eficaces.

Ya se ha dicho que en esta mezquita Sinán recupera el ideal de planta centralizada en cruz griega estableciendo una alta cúpula central contrarrestada por igual con casquetes por los cuatro lados y a su vez contrarrestados dichos casquetes con otros más pequeños. Tendría entonces cuatro grandes arcos estribados que le permitirían calar completamente las paredes con amplios ventanales. Los empujes diagonales, a su vez se estabilizarían por cuatro pequeñas torres macizas que servirían de contrapeso. Este tema es importante ya que esta ayuda para verticalizar las cargas tiene cierta connotación medieval ya que se hizo con anterioridad en las catedrales góticas de la Europa Occidental.

El espacio interior está jerarquizado en los niveles que Brunelleschi había establecido aunque a su modo, incluido el entablamento, la cornisa, los arcos torales con las pechinas esféricas, el tambor y la cúpula.

Es tanta la luminosidad que ninguna de estas mezquitas se plantearon nunca romper la perfección de la media esfera con un óculo o una linterna.

En primer lugar el tambor, que al exterior aparece como tal, en el interior forma parte de la misma lámina, de modo que las aberturas del mismo actúan como soportes sobre los que sustentar una cúpula semiesférica rebajada. El ángulo del arco en este caso es de 140° y ello significa, de acuerdo con la teoría de láminas, que solo para cargas de nieve podían obtenerse pequeñas tracciones. Para el peso propio están enteras a compresión. No obstante siempre están orilladas con un anillo de borde.

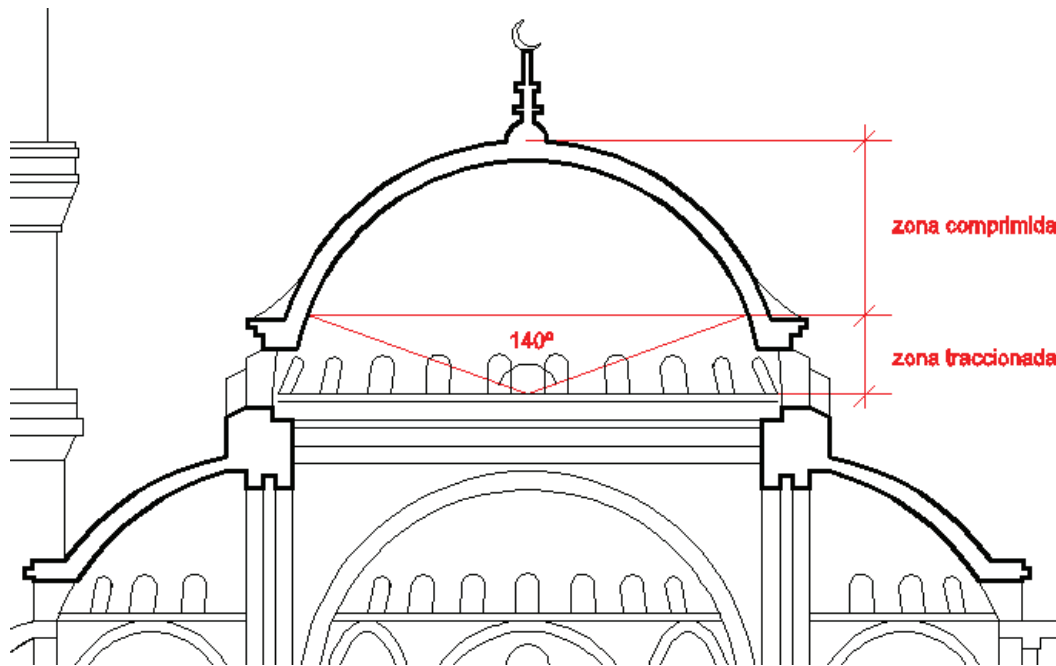


Fig.9. Ángulo de abertura de la cúpula de Sehzade Mehmet y zonas de compresión-tracción. (Dibujo del autor).

Su espesor está en torno a los 60 centímetros. Lo que las hace enormemente ligeras y están constituidas por una sola hoja evitando la ortotropía de las cúpulas nervadas, que bastantes problemas había dado en Florencia y en Roma.

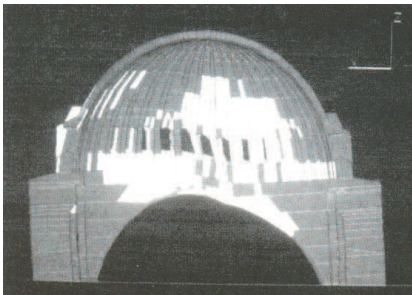
El andamiaje puede apoyarse sobre la cornisa del arranque del tambor y ser enormemente ligero puesto que apenas tiene que resistir peso, más cuando el ladrillo se va cerrando en hileras. Este andamiaje será el mismo que se utilizará para la colocación de los elementos decorativos cerámicos. La ligereza también se traduce en la ocupación de los elementos resistentes en planta. Compárese la relación útil por superficie construida con las grandes construcciones renacentistas occidentales y se verá la economía alcanzada. Los 19 metros de su cúpula no la hacen espectacular por su dimensión sino por la armonía de su forma.



Fig.10. Vista frontal y aérea del sistema de cúpulas de la Sehzade Mehmet. Obsérvense las torres cilíndricas coronadas con una cúpula semiesférica para verticalizar las cargas diagonales, así como las exedras de las semicúpulas de apoyo. Cuatro cúpulas se sitúan en las esquinas del cubo.

Karaesmen (1), que ha estudiado intensamente el comportamiento de estas estructuras, deduce que la máxima compresión de la cúpula es de $0,3 \text{ N/mm}^2$ en la clave y que las tensiones en los meridianos son muy uniformes en torno a $0,13 \text{ N/mm}^2$. Las flexiones son despreciables por tener un comportamiento muy próximo al de membrana. Por otra parte los 24 apoyos de la cúpula sobre el tambor tienen un importante papel en el comportamiento sísmico puesto que absorben mucha de su energía. De este modo se da el fenómeno de que los que apoyan sobre los arcos torales trabajan más que los que lo hacen sobre las pechinas por la flexibilidad de estas. El esfuerzo cortante máximo de estos soportes es de $0,3 \text{ N/mm}^2$, muy alto y próximo a su estado límite. De ahí que sus dimensionado es uno de los aspectos más complejos de estas cúpulas

Crocci (2), En su análisis de estas cúpulas por elementos finitos ha determinado desplazamientos, flechas y empujes obtenidos para peso propio y las reacciones de peso propio y sismo. Para mejor equilibrar los empujes, los arcos secundarios van dotados de tirantes de hierro que absorben un 28% del esfuerzo sísmico. En cuanto a las pequeñas cúpulas de contrarresto tienen un papel determinante en el comportamiento sísmico ya que absorben un 17% del esfuerzo producido. Quizás todo esto explique la gran estabilidad de estas obras en un entorno tan inestable frente a terremotos.



Crocci (2)

Por otra parte decir que los cuatro enormes soportes interiores, aparentemente sobredimensionados trabajan a $3,8 \text{ N/mm}^2$, cifra que de todos modos hay que tomar con cautela como excesiva, aunque esto incluye los esfuerzos de flexión. Para establecer una valoración se dan los datos (3) de los soportes de Santa Sofía de Constantinopla que es de $2,2 \text{ N/mm}^2$, los pilares de la cúpula de San Pedro, $1,7 \text{ N/mm}^2$, los pilares de la cúpula de San Pablo en Londres, $1,9 \text{ N/mm}^2$ o la base del tambor del Panteón de Roma que trabaja a $0,6 \text{ N/mm}^2$.

Señalar también que aunque la piedra se utiliza abundantemente en los muros y soportes, las cúpulas están construidas a partir de ladrillo unido con mortero a base de polvo de ladrillo mezclado con óxido de cal que tiene una buena capacidad de fraguado. Su densidad es de $1,80 \text{ t/m}^3$ y su resistencia media es de 4 N/mm^2 a la compresión y prácticamente nula a tracción.

(1) y (2). Félix Escrig Pallarés. Las grandes estructuras del Renacimiento y del Barroco. Universidad de Sevilla 2002. P. 91. (op. ct.). (Bibliog. nº 36)

(3). Santiago Huerta. Arcos, Bóvedas y Cúpulas. Instituto Juan de Herrera, 2004. P.21 (op. ct.).

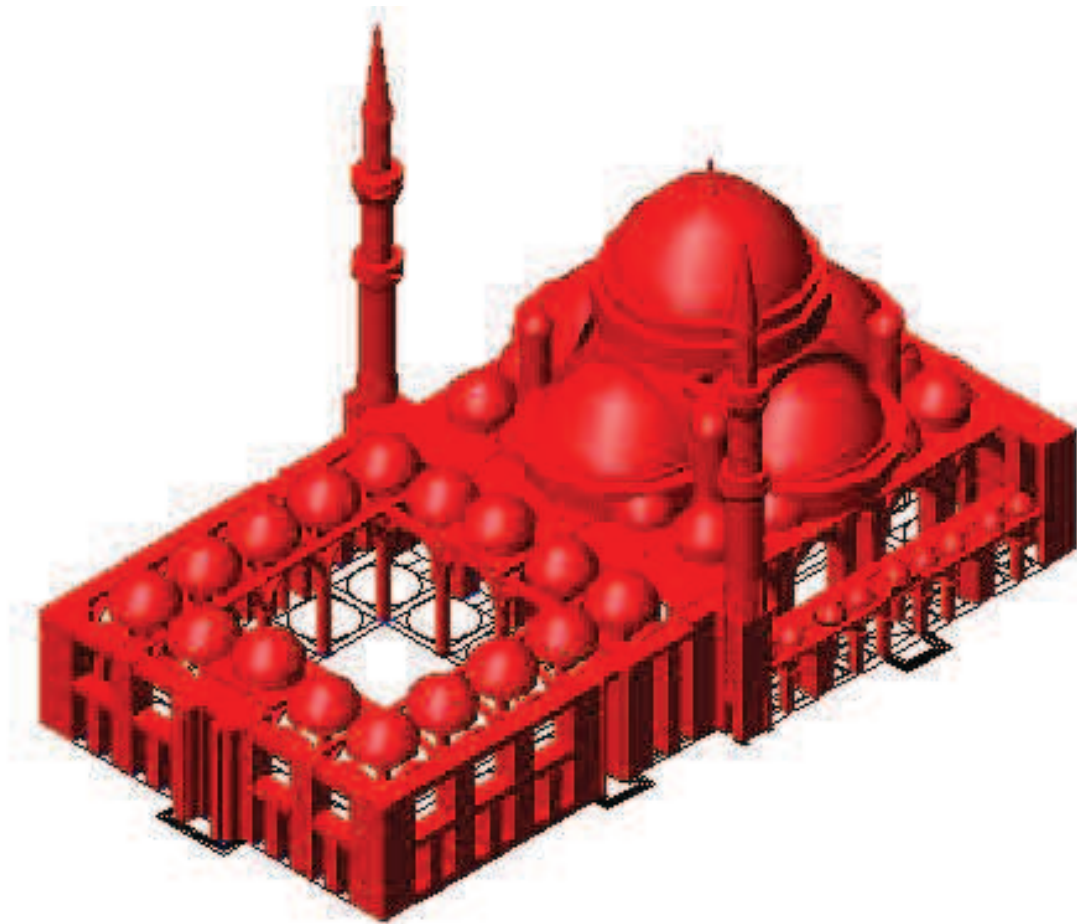


Fig.11. Estructura general de la Sehzade Mehmet. (Construcción 3D del autor).

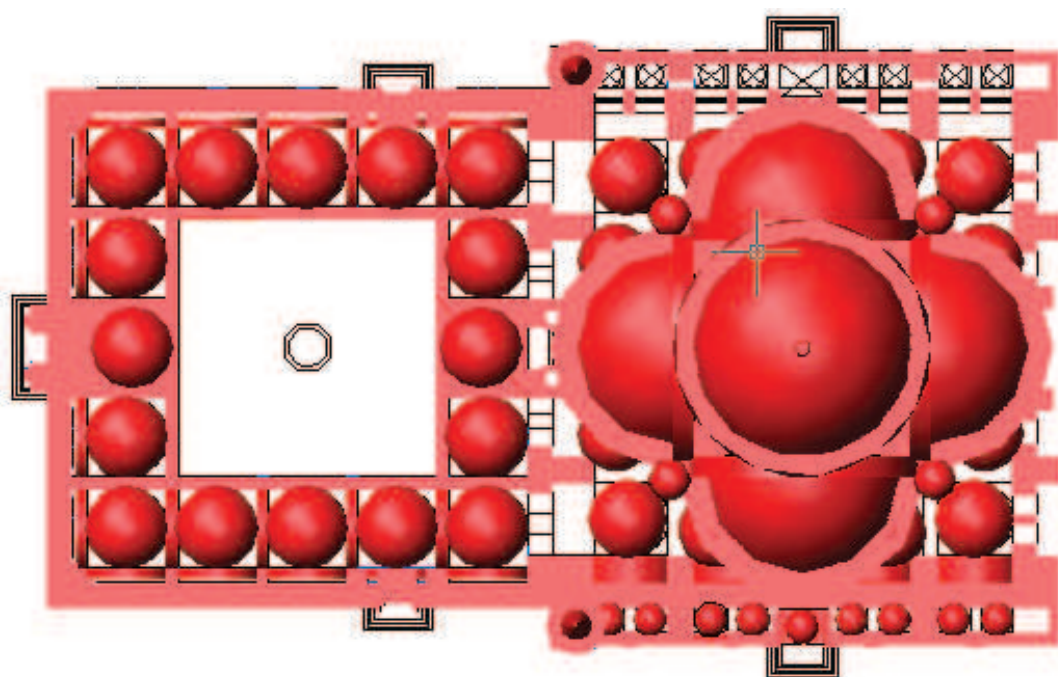


Fig.12. Estructura general del sistema de cúpulas en vista superior. (Constr. 3D del autor).

Por lo que respecta a la cúpula de esta mezquita se han dibujado dos gráficos para proceder a la explicación de su funcionamiento estructural, que son los que aparecen en la figura 13.

En condiciones normales una cúpula semiesférica tiene el punto de cambio de compresión a tracción en un ángulo de apertura de 104° desde el centro de la misma. En el primer gráfico se vería la situación normal y el cambio de tensiones. En el segundo con una apertura del arco central de 140° , que es el caso de la Sehzade, se observa que el punto de cambio de compresión a tracción baja sensiblemente estando prácticamente la mayor parte de la cúpula comprimida, siendo este el estado deseable de las cúpulas de fábrica.

No obstante Sinán introdujo unas barras de hierro a modo de cadena para ayudar a la cúpula a aguantar las tracciones. Barras que en algunos casos atravesaban las propias ventanas. Por ello es difícil ver las típicas grietas que aparecen en la zona de tracción de las cúpulas semiesféricas.

Se aprecia claramente el comportamiento de este tipo de cúpulas frente a las grandes cúpulas de renacimiento italiano.

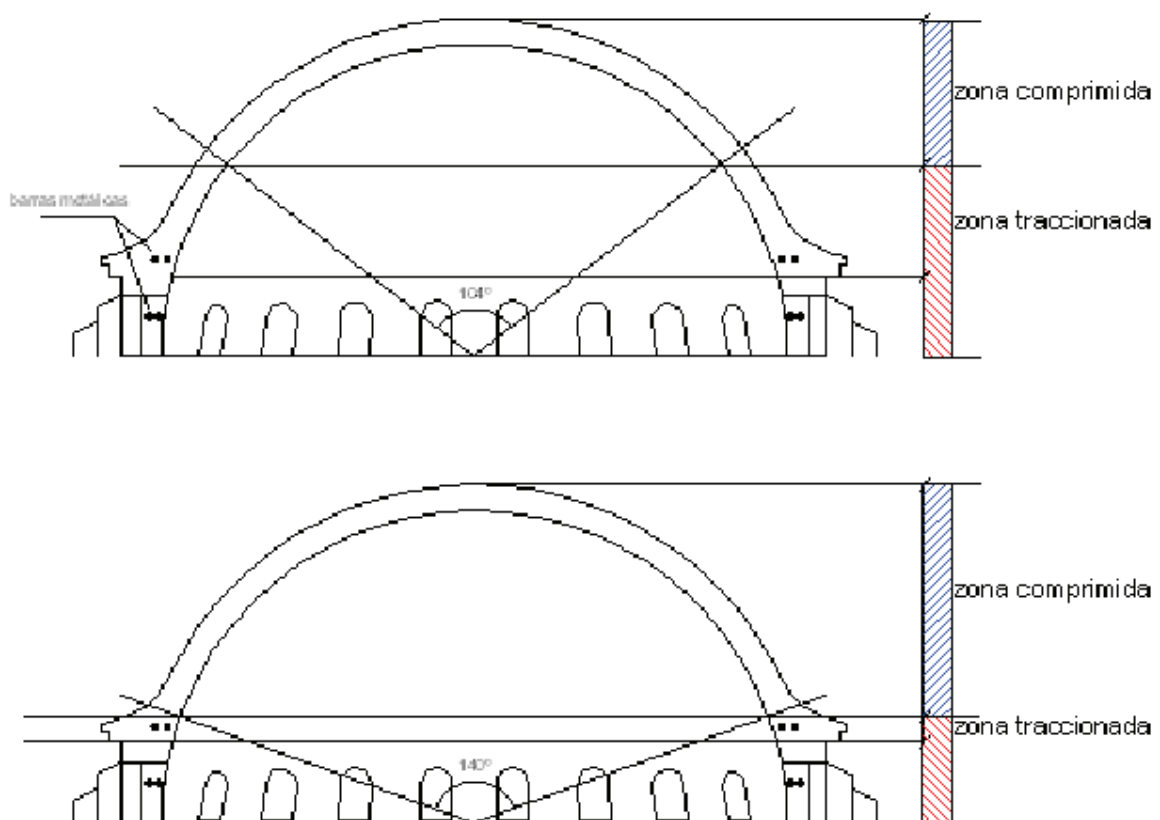


Fig.13. Gráficos de la zona de compresión-tracción en la cúpula de la Sehzade Mehmet. En la figura superior tratada como semiesférica. Abajo con su apertura angular. La diferencia es más que evidente. (Dibujo del autor).

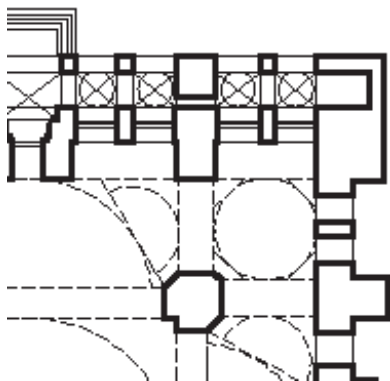
Con lo expresado anteriormente Sinán demostró un profundo conocimiento del comportamiento de las cúpulas. Sus homónimos renacentistas italianos se movían en otras magnitudes pero el problema era el mismo: hacer funcionar “correctamente” una cúpula semiesférica de fábrica. Cada uno lo abordó a su modo. Está claro que la “solución” de Sinán parece más apropiada ya que consigue que la mayor parte de la cúpula trabaje del modo más deseable, esto es, a compresión.

Obviamente la solución de Brunelleschi pasaba por “encadenar” lo más posible la cúpula de Florencia. Sus dos cáscaras están encadenadas con hierro, piedra y madera. Pero incluso esa solución junto a la del “quinto agudo” y el zunchado debido al tambor no impidieron que, aunque su estado de conservación es más que aceptable, apareciesen grietas radiales que se aprecian visiblemente desde el interior de la catedral.

No tan afortunado fue el caso de la cúpula de San Pedro en Roma, cuyo movimiento causó la rotura de las cadenas de zunchado, temiéndose por su colapso.

Sir Christopher Wren también utilizó con éxito ligeras barras de hierro para encadenar su cúpula “cónica” de ladrillo que soportaba la cubierta exterior.

Sinán también atirantó las pequeñas semicúpulas auxiliares de las dos grandes semicúpulas principales para dotar de mayor estabilidad al conjunto.



(Autor).

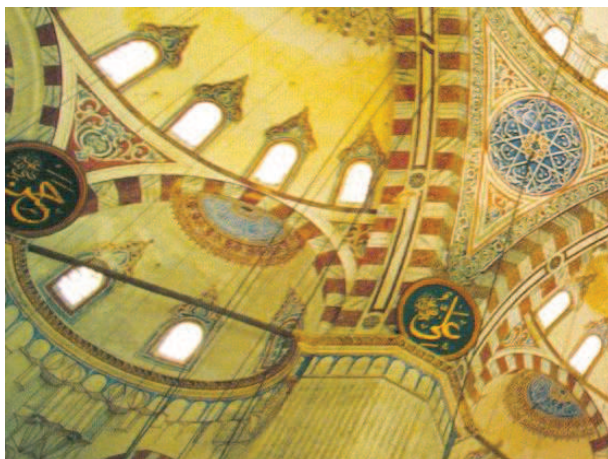


Fig.14. Tirantes en cúpulas auxiliares

Efectivamente la Sehzade Mehmet cuenta con un sutil juego de tirantes de hierro que ayudan a la estabilidad del conjunto. No solo ese hecho sino la simetría biaxial de la planta así como su equilibrado sistema de elementos de descarga contribuyen a ello.

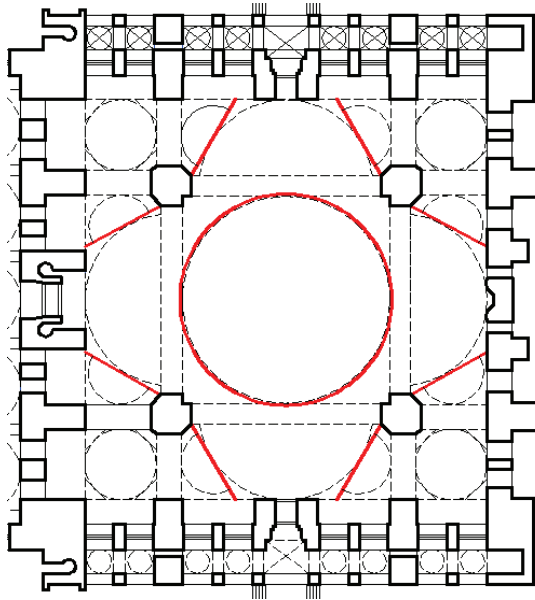


Fig.15. En color rojo se muestran los tirantes metálicos de la Sehzade Mehmet. (Dibujo del autor).

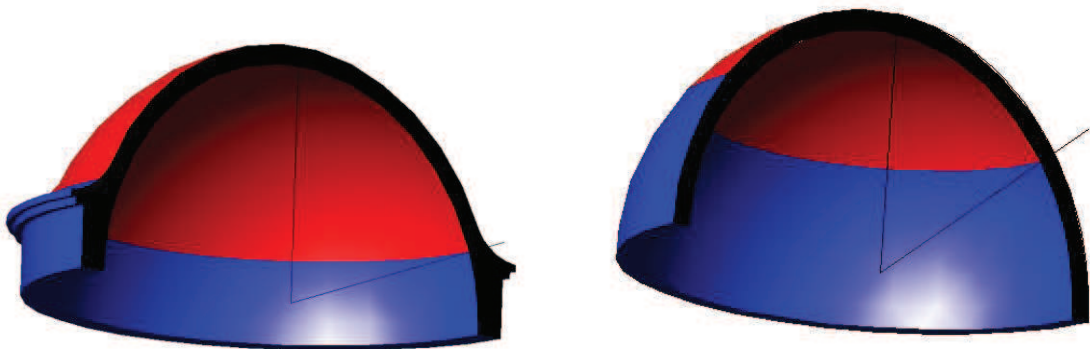


Fig.16. Cúpula de la Sehzade Mehmet (a la izquierda). En color rojo parte comprimida, en azul parte traccionada.

En la parte derecha una cúpula semiesférica con el mismo criterio de colores en compresión y tracción. (Construcción 3D del autor).

Se aprecia que el gráfico de la figura 16 es bastante significativo en lo que respecta al comportamiento de cúpulas de fábrica de estas mezquitas. En efecto la cúpula de la Sehzade, y en general las cúpulas otomanas, difieren mecánicamente de una cúpula semiesférica tradicional. El ángulo de apertura que ronda los 140° grados juega a favor de la seguridad, ya que hace que la parte comprimida sea sensiblemente mayor que la traccionada. Aparte de esa disposición la parte traccionada se encuentra “encadenada” con barras de hierro que ayudan a que no se produzcan las características grietas radiales de las cúpulas del Renacimiento italiano.

Constructivamente las cúpulas y las bóvedas están hechas de ladrillos especiales y su espesor se incrementa con las luces. Por otra parte el espesor de la cúpula es mayor en la base. Las pechinas y otros elementos de transición son de piedra o ladrillo o de una conjunción de ambos materiales. Los arcos principales son de piedra y dependiendo de su tamaño de roscas de piedra y ladrillo. Los arcos están enlazados entre sí o con otros elementos mediante travesaños de hierro anillados en la parte superior de columnas o soportes.

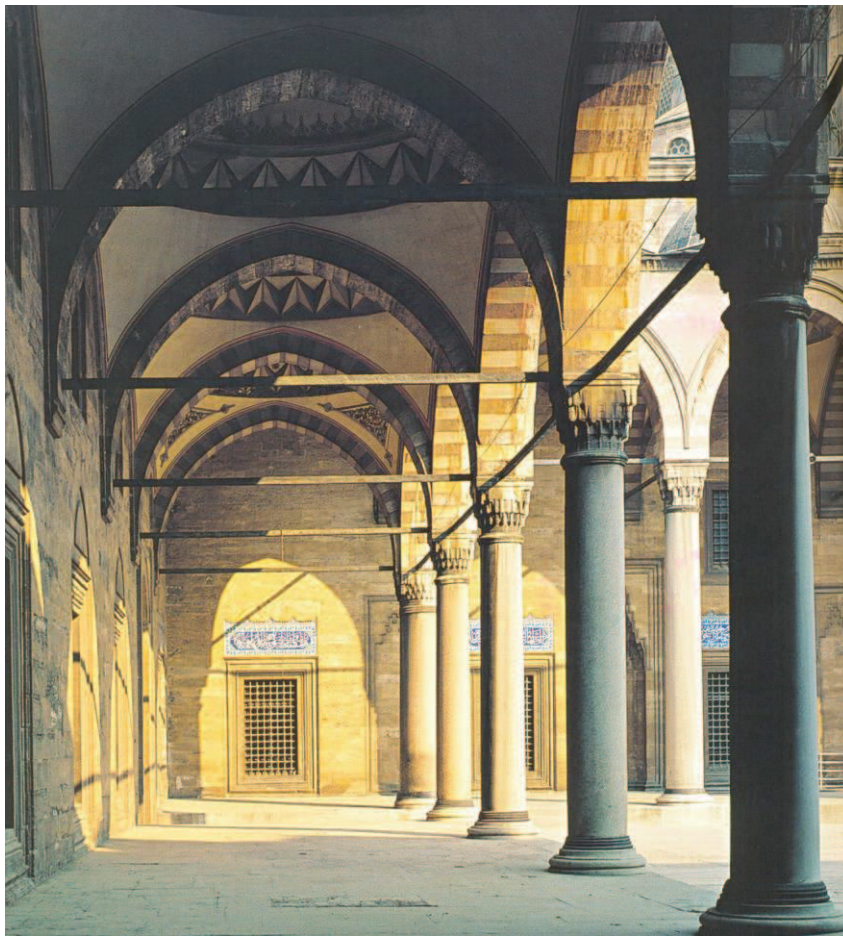


Fig.17. Sistema de atirantamientos para mantener la geometría de un pórtico. (Yerasimos)

Las columnas utilizadas en los pórticos, patios y elementos auxiliares son generalmente monolíticas y fabricadas con granito o porfido y a menudo recuperadas de antiguas construcciones. Las columnas “nuevas” son de mármol de Mármara o granito. Las paredes están ejecutadas en piedra “grapada” y recibida con mortero. (4)

Aparte de lo que se ha descrito anteriormente hay otro elemento estructural que también es una constante en las mezquitas de Sinán y por lo tanto en la Sehzade; son los contrafuertes en la línea de los soportes de la cúpula principal. Estos contrafuertes tienden a aliviar las cargas que reciben de dichos soportes.

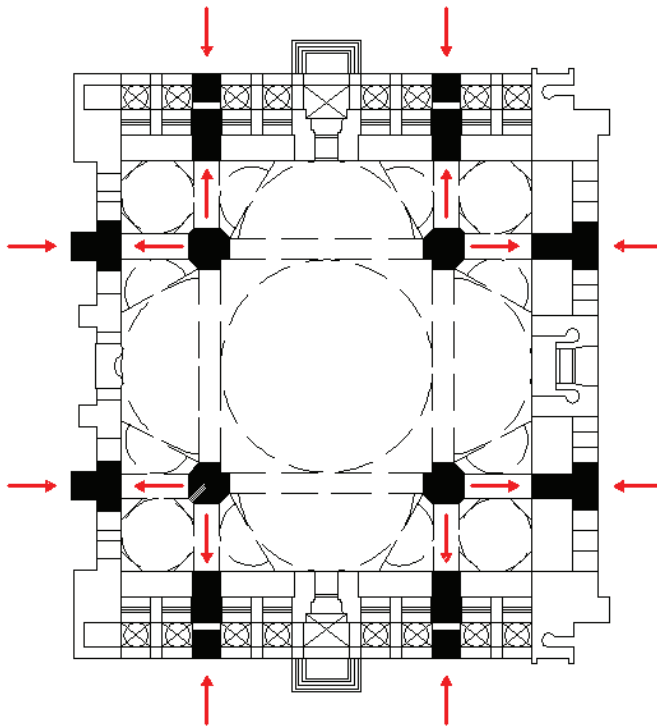


Fig.18. Sistema de contrarresto proporcionado por los contrafuertes en la sala de oración de la Sehzade Mehmet. (Dibujo del autor).

Las cuatro torres cilíndricas macizas que se aprecian desde el exterior de la cubierta y que se ubican en cuatro flancos de la cúpula principal y prácticamente encastradas entre las semicúpulas verticales introducen también una componente estabilizadora que verticaliza las cargas de los empujes transmitidos por la cúpula a sus soportes principales.

(4) Reha Günay. Sinán: The architect and his Works. YEM publication. Istanbul 1998. P 201. (Bibliog. Nº 54)

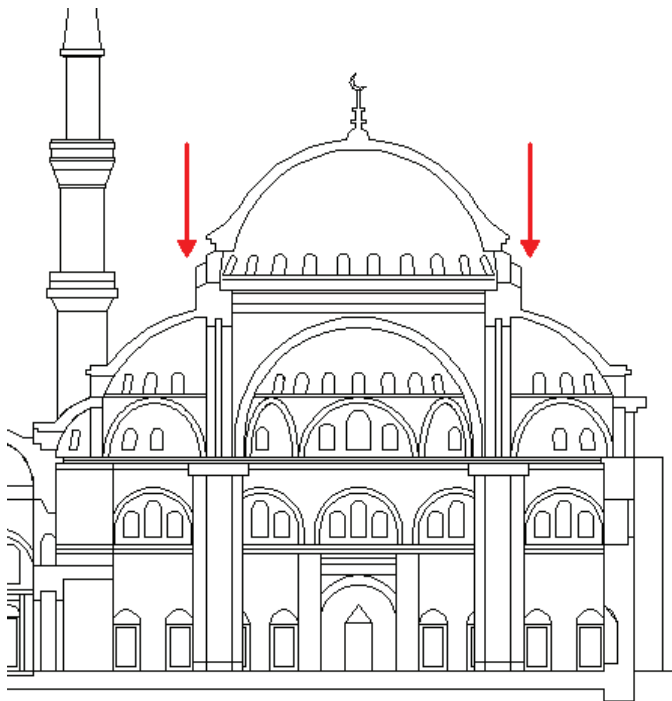


Fig.18. Elementos (torres macizas) para verticalizar las cargas. Sehzade Mehmet. (Dibujo del autor).

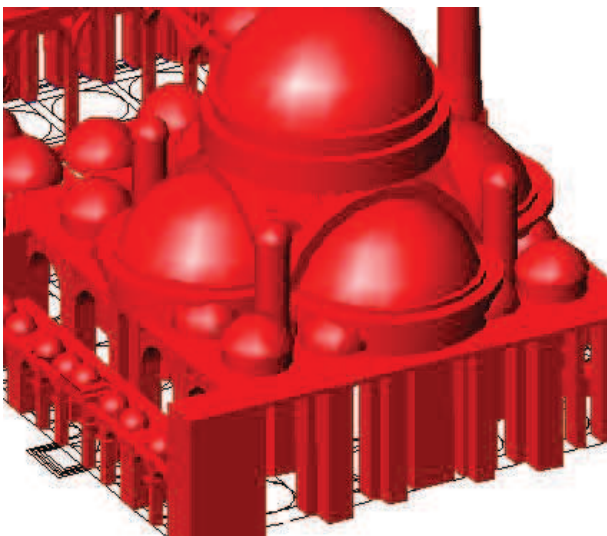


Fig 19. Esquema 3D Sehzade. (Autor)

En la mezquita de Sehzade que el mismo Sinán describió como “el trabajo de un aprendiz” se produce el cambio hacia un nuevo camino experimental en la arquitectura clásica otomana. Sinán propone una planta centralizada con absoluta armonía. El espacio interior es rico en matices, la volumetría exterior clara y rotunda, los materiales, la decoración, la iluminación...todos los elementos formales manejados se ven acompañados de un exquisito esquema estructural perfectamente equilibrado donde nada es dejado de tener en cuenta.

Cúpulas, arcos, semicúpulas, exedras, soportes, tirantes y demás elementos entran en armonía, no siendo palpable la subordinación entre elementos soportados y elementos soportantes, tal es la capacidad de Sinán en la producción de la Mezquita del Príncipe en Estambul.

Esta es la continuación del camino iniciado en la Mihrimah Sultán y que tendrá su momento de máxima madurez con la mezquita del sultán Selim II, la Selimiye de Edirne apenas 30 años después y pasando, necesariamente, por la Suleimaniye, quizás la que más recuerda a Santa Sofía en espíritu.

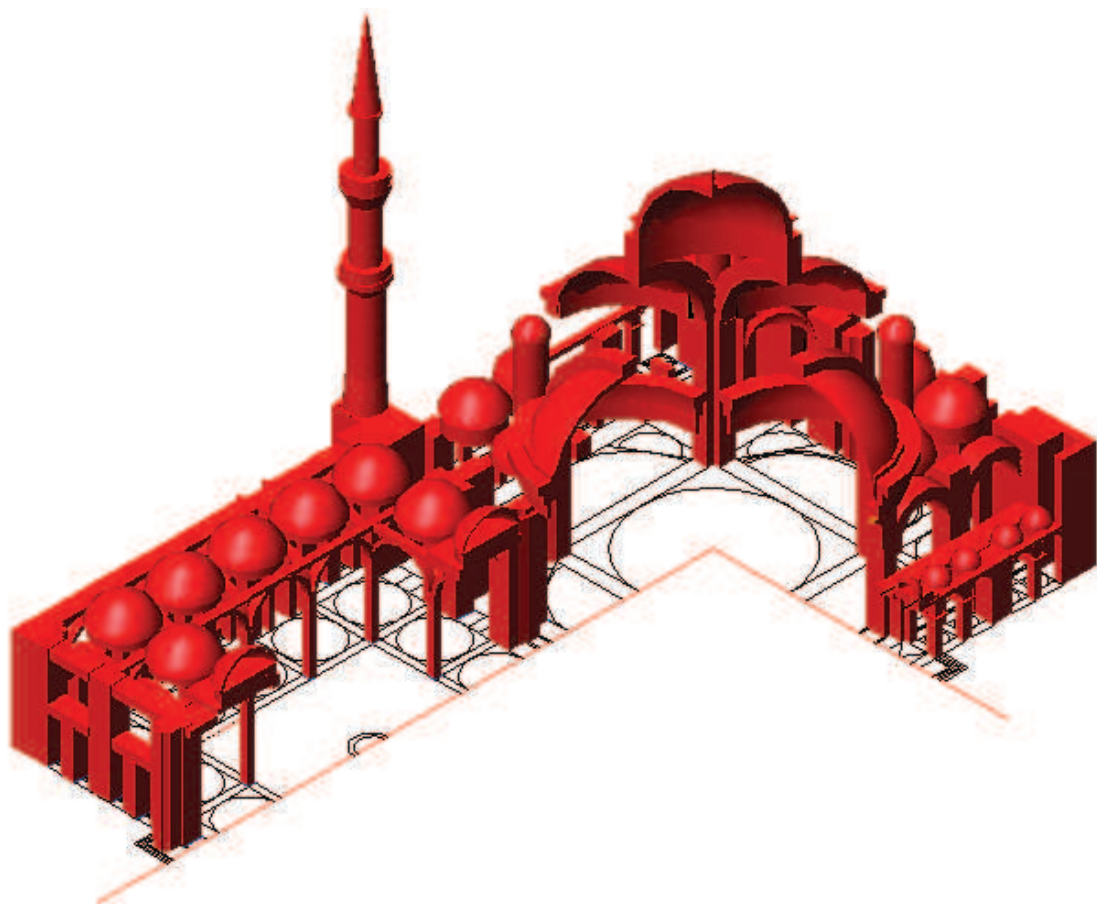


Fig.20. Sección axonométrica del esquema estructural de la Sehzade Mehmet. (Construcción 3D del autor)

Sinán siguió la senda de las mezquitas de los sultanes de Estambul iniciada por “El Conquistador”, Mehmet II, y continuada por Bayaceto II.

Ya se ha apuntado la evidente relación existente entre ambas y la iglesia, transformada en mezquita de Santa Sofía. La gran catedral cristiana fue fundamental en las referencias formales de estas dos mezquitas de fin del siglo XV y principios del XVI respectivamente.

A continuación se muestra una imagen comparativa del sistema de cúpulas de las mezquitas de Mehmet II, Bayaceto II y la Mezquita del Príncipe junto a santa Sofía.

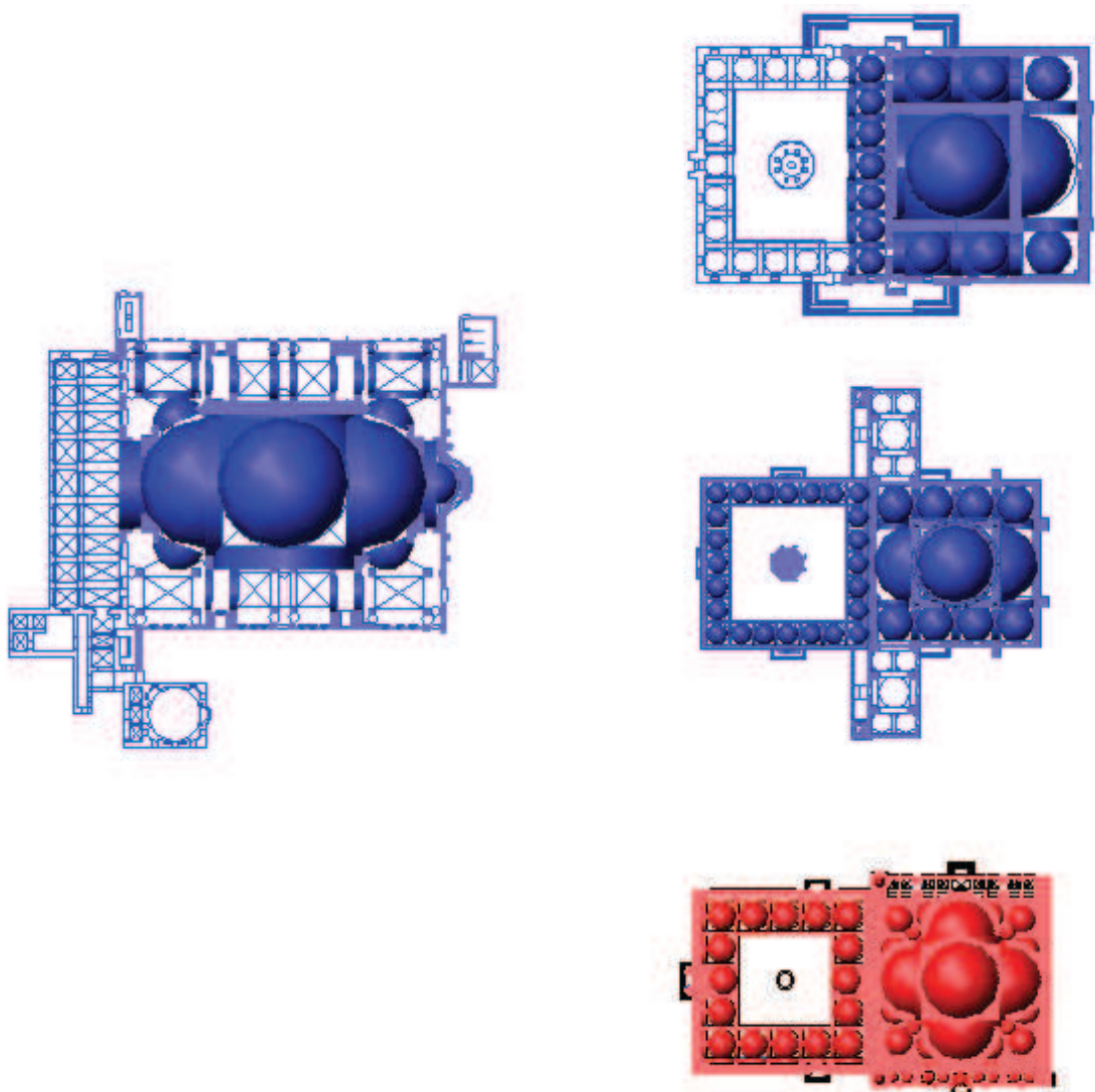


Fig.21. Vista superior en esquema. A la izquierda Santa Sofía y a la derecha y de arriba abajo la Fatih camii, la mezquita de Bayaceto II y la Sehzade Mehmet. (Construcción 3D del autor).

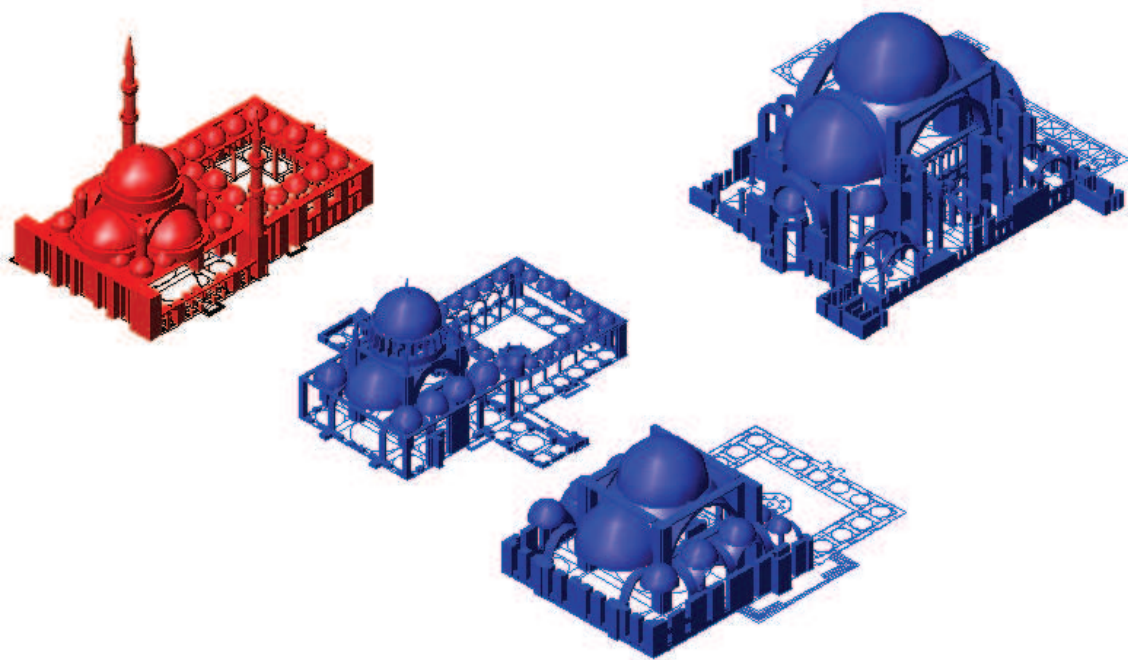


Fig.22. Comparación volumétrica de las mezquitas de la figura 21. En color rojo la Sehzade de Sinán y a la derecha Santa Sofía. (Construcción 3D del autor).



Fig.23. Volumetría de la Sehzade Mehmet sin el patio. (Construcción 3D del autor).

Comparando directamente la Mezquita del Príncipe con Santa Sofía se aprecia claramente la disposición espacial de una y otra; centralizada en aquella y basilical en esta. Aparte del tamaño de la cúpula central, de un diámetro de 19 metros en la mezquita y 31 en la catedral se aprecia que la mezquita sin el patio cabría casi en la zona central de la catedral.

Estamos en un caso en el que las diferencias son significativamente mayores que las analogías, tanto formal como estructuralmente, solo el incipiente juego de cúpulas y semicúpulas las podría relacionar aunque sea de forma bastante débil.

Sinán está ya claramente en un camino en busca centralización total del espacio y en la relevancia del juego de cúpulas.

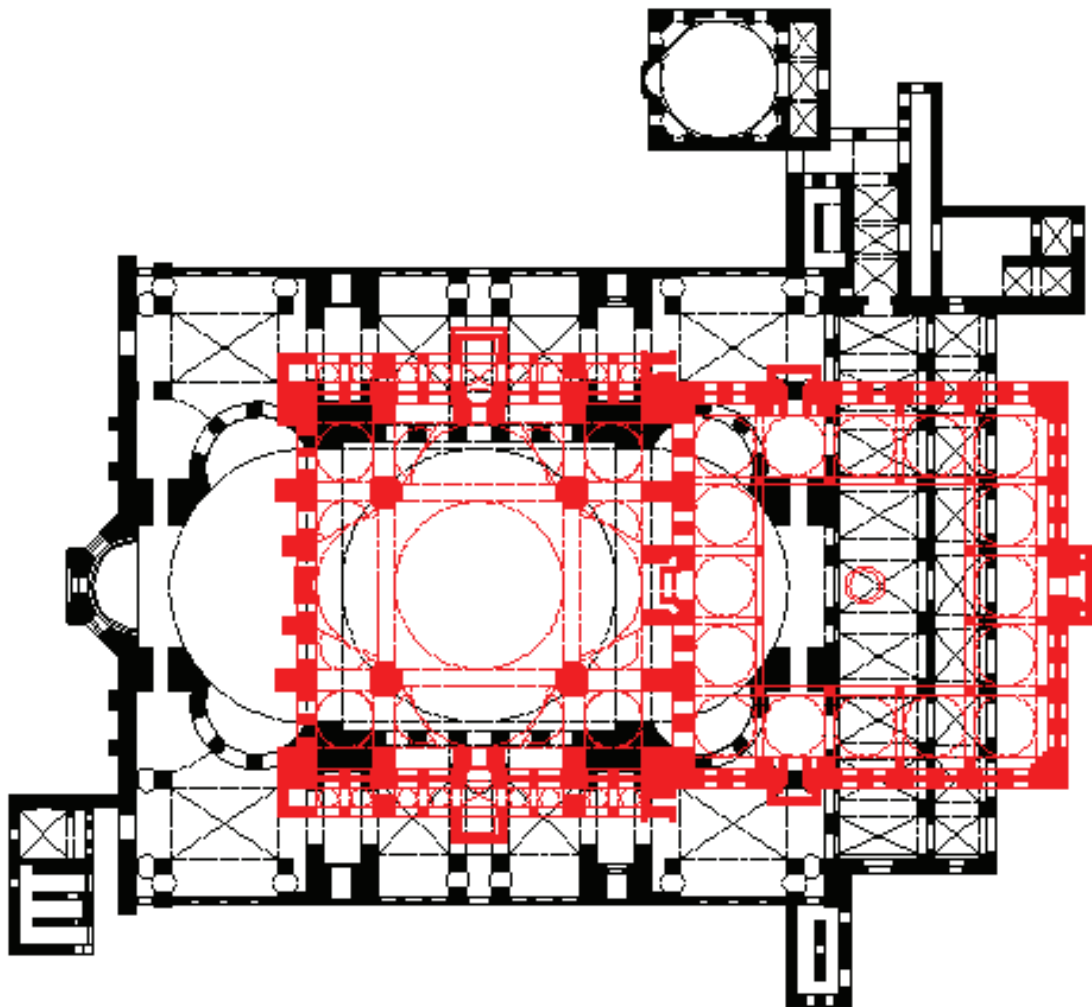


Fig.24. Comparativa de la planta de Santa Sofía (en color negro) y Şehzade Mehmet (en color rojo). (Dibujo del autor).

Continuando con las grandes obras de Sinán se muestra unas tablas sobre lo explicado en la Sehzade pero ampliado a otras obras de Sinán, datos muy esclarecedores que apuntalarán sucesivas explicaciones y análisis. (5)

Mosque	Number of support elements	Dome Diameter (m) ⁶			
		M. Yorulmaz p. 133	N. Çamblıbel p. 31	A. Kuran	A. Ülgen ⁶
Üsküdar-Mihrimah	4	11.07	11.85	-	11.10
Kara Ahmed Pasha	6	12.00	11.80	-	12.90
Molla Çelebi	6	12.08	-	11.80	11.80
Kadırga-Sokollu	6	12.76	12.70	13.00	13.30
Rüstem Pasha	8	15.54	14.80	15.20	15.65
Şehzade	4	18.42	19.50	-	-
Edirnekapi-Mihrimah	4	19.30	19.46	20.25	19.35
Süleymaniye	4	26.10	27.25	26.20	27.80
Edirne-Selimiye	8	30.75	31.50	31.22	-

DOMES DIAMETERS IN A FEW OF SİNAN'S MOSQUES

Fig.25. Tabla de cúpulas (5). Tabla en la que se refleja el número de soportes de la cúpula central de mezquitas significativas de Sinán. También se refleja el diámetro de las mismas en base a mediciones de diferentes estudiosos turcos.

En las tabla de las figura 25 a 28 se pueden constatar datos de las mezquitas que más profundamente se van a analizar en la presente tesis como son la Mihrimah Sultán de Üsküdar, la Sehzade Mehmet, la Suleimaniye y la mezquita del sultán Selim II en Edirne; la Selimiye.

(5) Estas tablas son del libro de Reha Günay. Sinán: The architect and his Works. YEM publication. Istanbul 1998. Pp 197,198. (op. ct.). (Bibliog. nº 54)

Este libro, profusamente ilustrado y documentado, obra de Reha Günay es una referencia obligada para cualquier estudio sobre el gran Sinán. (citado previamente)

Reha Günay nació en 1937 y se graduó en la arquitectura en la Universidad Técnica de Estambul. Obtuvo el doctorado de Historia del Arte en 1978. Ha sido docente en arquitectura en temas de restauración. Es fotógrafo de obras de arte para la Universidad Mimar Sinán desde 1978.

Mosque	Spherical Sector Angles (degree)
Kılıç Ali Pasha	110
Edirne-Selimiye	130
Süleymaniye	134
Şehzade	140
Üsküdar-Mihrimah	142

SPHERICAL SECTOR ANGLES IN SOME OF SİNAN'S MOSQUES
(Data obtained from N. Çamlıbel)

Fig.26. Tabla de sectores esféricos de las cúpulas centrales en algunas mezquitas de Sinán.(5)

Building	Dome Depression (Dome height/dome diameter)
Saint Sophia (Ayasofya)	0.290-0.310
Kılıç Ali Pasha	0.300
Hadım İbrahim Pasha	0.308
Zal Mahmud Pasha	0.312
Edirne-Selimiye	0.327
Kara Ahmed Pasha	0.333
Edirnekapi-Mihrimah	0.333
Azapkapi-Sokollu	0.342
Süleymaniye	0.347
Şehzade	0.366
Üsküdar-Mihrimah	0.385
Rüstem Pasha	0.387
Kadırga-Sokollu	0.390
Küçük Ayasofya (Sergius-Bacchus)	0.423

DOMES DEPRESSION IN A FEW OF SİNAN'S WORKS
(Data obtained from N. Çamlıbel)

Fig.27. Tabla con la relación entre la altura y el diámetro de las cúpulas centrales (**peralte**). El valor entre el peralte y el empuje horizontal es inversamente proporcional. Una cúpula semiesférica tiene un peralte de 0.500. (Reha Günay. Sinán: The architect and his Works).

Mosque	Number of pillars	Span of Suspended Arch			Arch Voussoir sizes (b x h)	
		Kiblah direction		Opposite direction	Kiblah direction	Opposite direction
Azapkapı-Sokollu	8	4.15			0.80 x 1.17	
Kara Ahmed Pasha	6	5.15			1.40 x 1.15	
Rüstem Pasha	8	4.90	6.32	6.70	1.65 x 1.55	
Kadırga-Sokollu	6	7.02			0.90 x 1.90	
Üsküdar-Mihrimah	4	9.40		9.40	1.60 x 1.80	1.60 x 1.80
Edirne-Selimiye	8	9.68			2.35 x 2.60 - 3.87 x 2.60	
Edirnekapı-Mihrimah	4	19.60			3.60 x 2.40	4.30 x 2.40
Şehzade	4	17.25		17.25	1.45 x 2.38	2.12 x 2.38
Süleymaniye	4	22.58		23.30	5.60 x 2.88	2.65 x 1.80

**SPAN & VOUSOIR SIZES OF SUSPENDED ARCHES
IN A FEW MOSQUES⁴⁸**

Fig.28. Tabla con tamaño y espesor de arcos. (Reha Günay. Sinán: The architect and his Works)



Fig.29. Vista lateral de la sala de oración de la Şehzade Mehmet en el que se aprecia la galería inferior.



Fig.30. Muro exterior de la quibla de la Sehze Mehmet donde se aprecia uno de los contrafuertes.



Fig.31. Acceso lateral a la sala de oración. Sehze Mehmet

11. SULEIMANIYE

Con la inspiración de Santa Sofía la mezquita de Süleyman proclamó la perfecta concordancia entre estado y religión en la persona del sultán.

La construcción de la Suleimaniye se produjo en el lapso ocurrido entre dos campañas militares otomanas contra los Safávidas. Una crónica anónima explica que el sultán decidió construir el complejo de la mezquita en marzo de 1548.

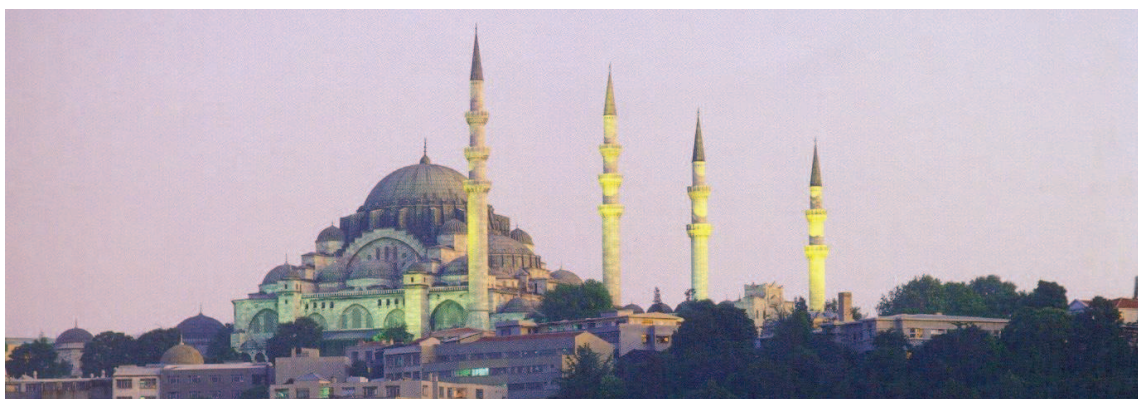


Fig. 1. Mezquita de Süleyman en Estambul. Mimar Sinán.

La inscripción grabada en los tres paneles de mármol sobre el portal del acceso norte de la mezquita se refiere a Süleyman como el representante de Dios. El Dios sobre los Dioses, el sultán de sultanes, el sultán de árabes y persas, el preservador de las leyes y el décimo de los sultanes.

La inscripción dice que el inicio de las obras tuvo lugar en 1550 y la inauguración en 1557, pero las actividades comenzaron y terminaron después de esas fechas con toda seguridad. Algunos componentes del complejo no fueron terminados hasta 1559.

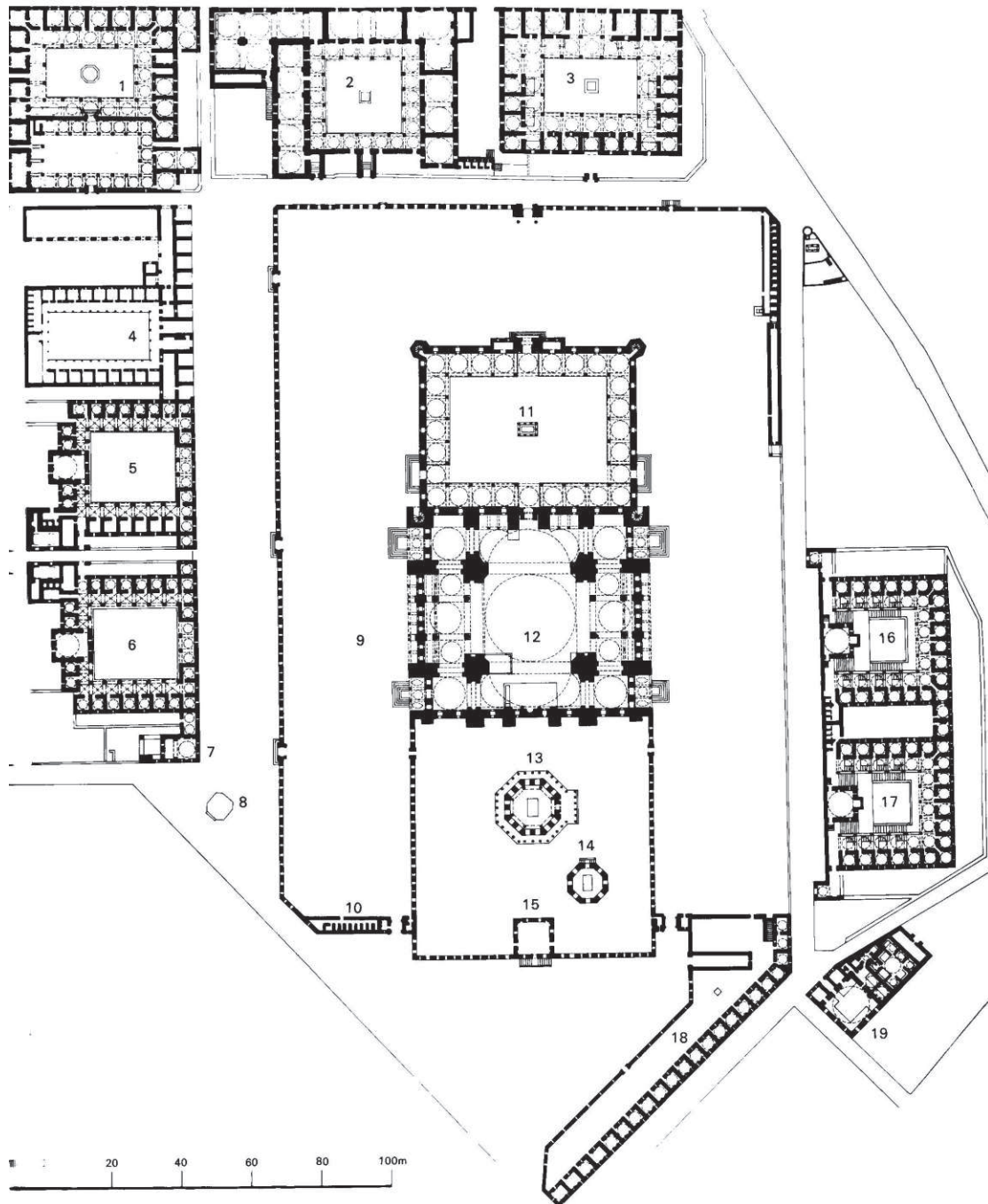


Fig.2. Complejo de la Mezquita de Süleyman en Estambul. Mimar Sinán. (Necipoglu)

El complejo de Süleyman fue diseñado como un gran centro de estudios superiores dominado por cinco madrasas dedicadas al estudio de la religión y sobre todo de la ley coránica; la shari'a. El geógrafo e historiador Mehmet Asik compara las cinco madrasas con los cinco pilares del Islám.

De forma similar al complejo de Mehmet II Süleyman escogió una gran explanada para la mezquita y la flanqueó por filas de madrasas y escuelas elementales en los lados más largos, con edificios de servicios sociales como un hospicio, un comedor y un hospital agrupados en un tercer lado.

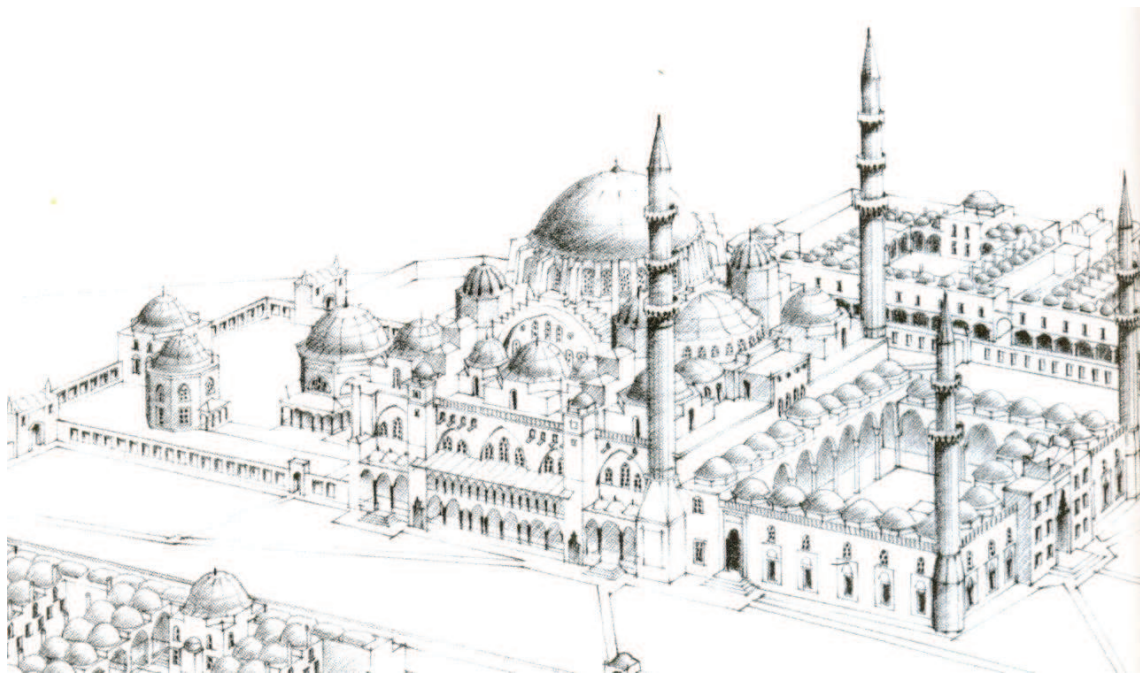


Fig.3. Axonometría del complejo de la Mezquita de Süleyman en Estambul. Mimar Sinán.

Las tiendas y habitaciones de alquiler que están tras la cerca del complejo encarnan una simbiosis entre religión, comercio y educación. La mezquita está rodeada de un muro horadado por varias puertas. Tres de los lados de este muro presentan ventanas con rejas metálicas invitando al público a la visión del santuario y su jardín funerario.

La Suleimaniye está asentada en una meseta y situada en una proximidad dramática con el Cuerno de Oro.

Aunque tenga cierta relación con el complejo de Mehmet II por su disposición planimétrica, la mezquita invita a una comparación directa con la de Bayaceto II y Santa Sofía por su coronación en cúpula central flanqueada por dos semicúpulas. La Suleimaniye integra cuatro minaretes en el conjunto, en la

fachada de la mezquita y en la fachada del patio. Sinán acentúa el eje norte-sur y da una sensación piramidal haciendo más bajos los minaretes del patio con dos galerías que los de la mezquita con tres galerías en su base. La superestructura dominante de las cúpulas de la Suleimaniye se integra con la zona de los muros del cubo con una imperceptible balaustrada de piedra que ayuda a disolver la rigidez del encuentro cubo-cúpula con una integración armoniosa de formas curvilíneas. Esta mezquita eleva dos contrafuertes por cada lado de forma que sobresalen de la línea superior de los muros, algo similar, aunque mucho más contenido que en Santa Sofía.

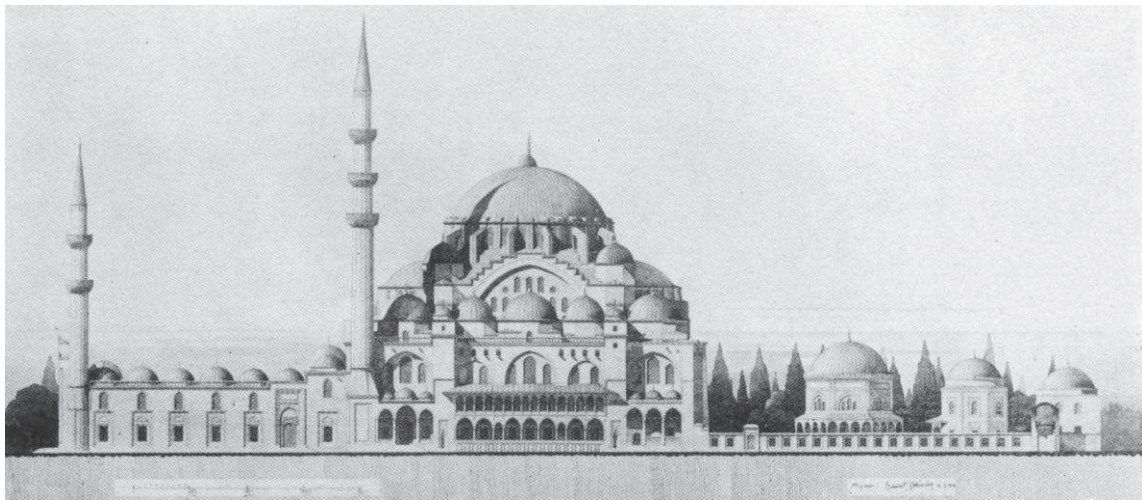


Fig. 4. Mezquita de Süleyman en Estambul. Alzado lateral. Mimar Sinán. (Ünsal)

La estructura del espacio interior es perfectamente legible desde el exterior. Los arcos de la cúpula central están perfectamente definidos por sus colosales soportes viéndose los paños calados de ventanas por los que se ilumina la mezquita en la dirección este-oeste. Estos paños calados también están presentes en Santa Sofía.

El “tema central” de la mezquita ha sido definido como una revisión estructural y una racionalización de Santa Sofía, pero con una concepción espacial más centralizada. En contraste con el misterioso interior de Santa Sofía cubierto por mosaicos dorados hasta la parte más alta, el interior de piedra blanca de la Suleimaniye se caracteriza por una rigurosa geometrización y articulación de las formas arquitectónicas para expresar un crecimiento estructural. Se puede considerar que la mezquita de Süleyman estaría dentro del lenguaje clásico de la arquitectura otomana.

Continuando con la referencia a Santa Sofía destacar que las dos semicúpulas de la mezquita otomana están, en planta en la dirección del mirahb, al igual que en la de Bayaceto II.

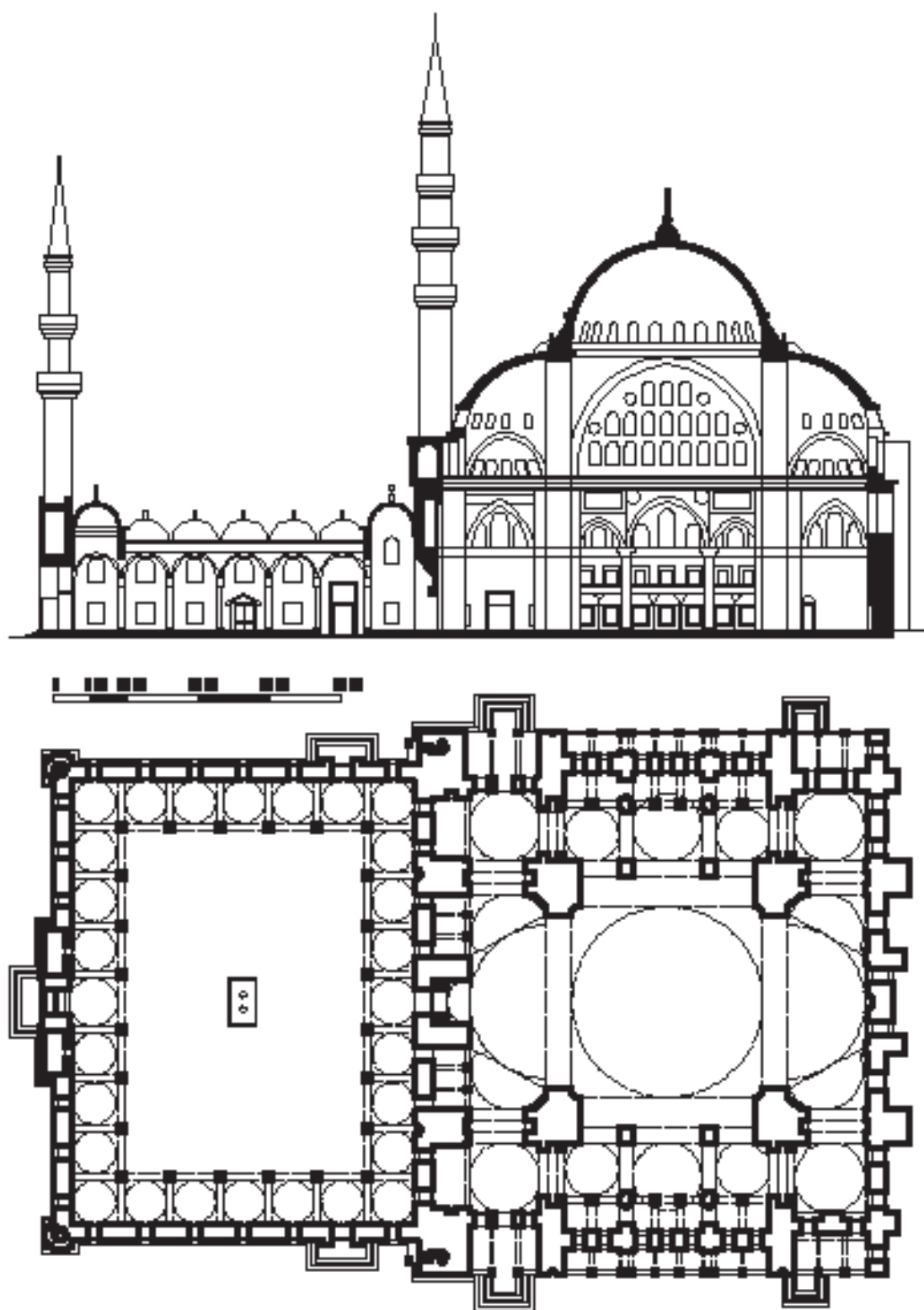


Fig. 5. Mezquita de Süleyman. Planta y sección longitudinal. (Dibujo del autor).

Sinán albergaba un fuerte deseo de superar a Santa Sofía que era muy admirada por los turcos. Quizá su planteamiento fue a requerimiento del propio sultán. Por ello si los dos edificios son similares en su planteamiento general la Suleimaniye es superior en términos de proporción, racionalización del espacio y sistema estructural. La diferencia entre las dos religiones y su aprovechamiento espacial son un factor determinante para ello. En cualquier caso hay que tener presente algo ya repetido y reiterado en el presente estudio cual es la diferencia de 1000 años entre el edificio cristiano y el islámico.

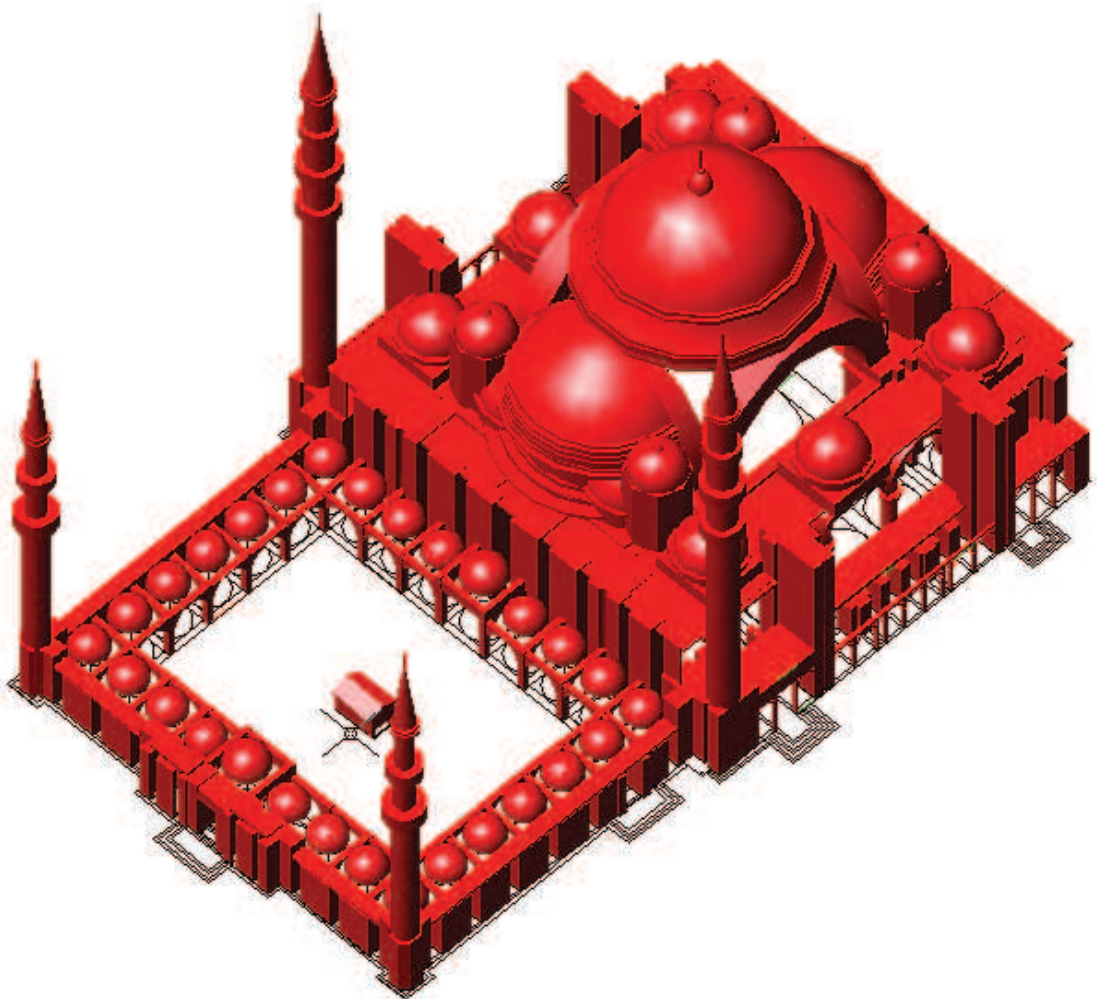


Fig. 6. Mezquita de Süleyman. Sala de oración junto con el patio. Esquema estructural. (Construcción 3D del autor).

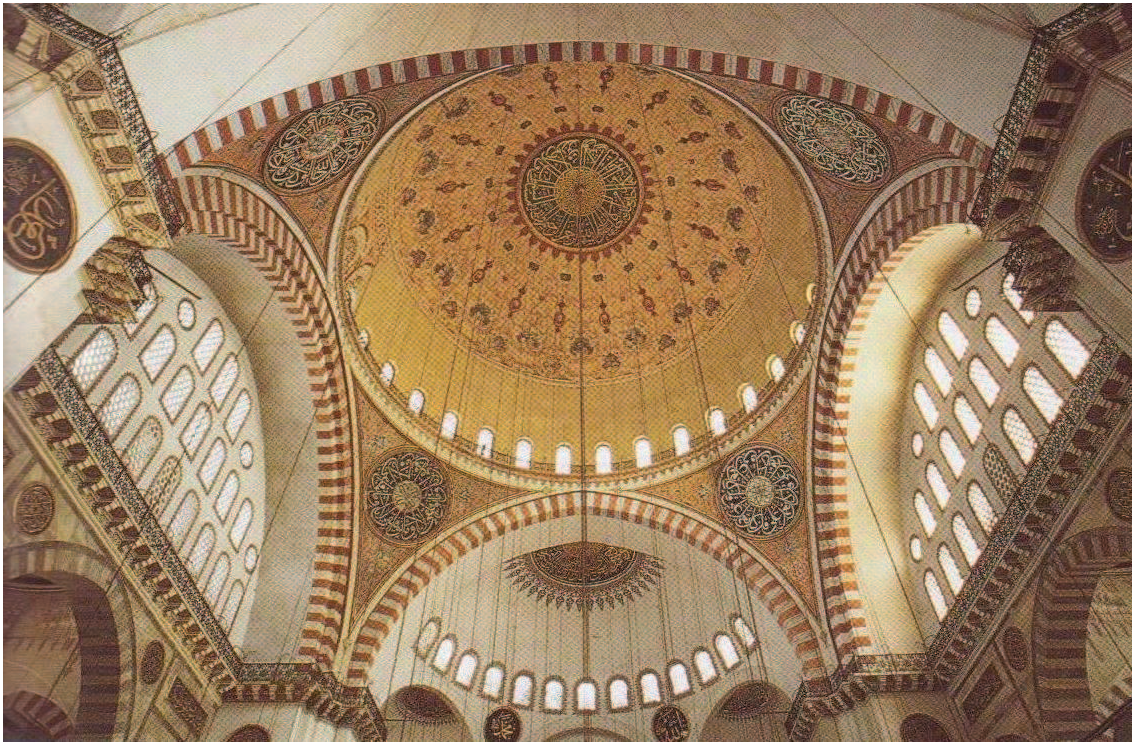


Fig. 7. Interior y sistema de cúpulas de la Suleimaniye. Año 1557



Fig. 8. Interior y sistema de cúpulas de Santa Sofía. Año 537

Lo comentado anteriormente referente a los distintos interiores y sus respectivos ambientes, así como su iluminación queda palpable en las dos figuras precedentes.

Volviendo al complejo de la Suleimaniye y a su estructura formal decir que la plaza rectangular en la que se asienta mide 216 por 144 metros y está claramente definida por sus propias paredes. Más aún, no sólo hay un camino entre la plaza rectangular y los edificios dependientes del complejo, sino que estos edificios se sitúan sobre diferentes elevaciones. Mediante el buen uso de la topografía por un lado, y creando un orden jerárquico entre los monumentos del sultán y sus edificios de caridad por otro, Sinán consigue en este caso un plano único del conjunto.

La mezquita de Süleyman comprende una amplia sala multicupulada de 61 metros de longitud por 70 de anchura. La cúpula central de 26.20 metros de diámetro y 49.50 de altura en la corona se eleva por encima de cuatro pilares gigantes y está respaldada en el eje longitudinal por dos medias cúpulas, flanqueada cada una de ellas por un par de hexaedros. A ambos lados de esta zona central cinco unidades cupuladas completan el sistema espacial. De las cinco cúpulas que lo flanquean, las de los extremos y la del centro son de 9.90 metros de diámetro, mientras que las de en medio son de 7.20 metros. Las oscuras columnas de granito rojo que de la zona delantera tienen una altura de 10.20 metros. Las más cortas de la zona trasera son de mármol blanco. La función de las últimas es la de dar soporte a las cúpulas menores y otra la de mantener las galerías laterales.

Las paredes externas de la Suleimaniye están reforzadas por contrafuertes en los cuatro laterales. Los que sobresalen en las paredes este y oeste se elevan como pilas monolíticas en los ejes de los pilares internos y como en tres escalones alcanzan las torres sobre las cuatro esquinas de la cúpula central y se sostienen en ellas. Este sistema de contrafuertes no va en dirección norte-sur. Para preservar la unidad de la fachada del pórtico, los contrafuertes del norte se han introducido en el interior del edificio. Este planteamiento ya se observó en la Sehzade Mehmet. Donde los contrafuertes de la fachada de la sala de oración están hacia su interior. Por otra parte seis contrafuertes que refuerzan la pared del mihrab son trasladados al exterior. Dos de ellos flanquean el mihrab, dos caen en el eje de los pilares y dos fortalecen las esquinas. En el lado opuesto, la función de los contrafuertes de las esquinas se desarrollan en la base de los minaretes y los cuatro contrafuertes internos están integrados en las maksuras que hacen descender considerablemente el pesado efecto visual de la estructura de piedra.

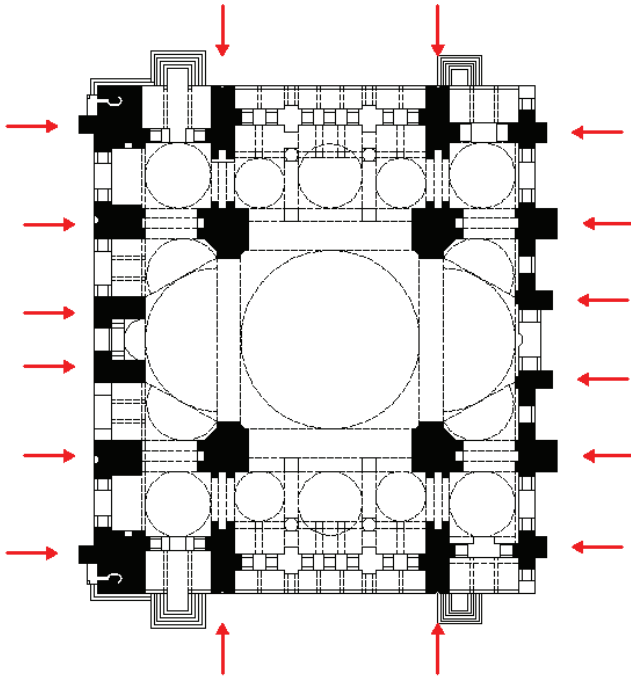


Fig. 9. Sistema de contrarresto proporcionado por los contrafuertes en la sala de oración de la mezquita de Süleyman. (Dibujo del autor).

Como es evidente por la diferencia de sistemas de equilibrio y disposición en planta de esta mezquita y la Sehzade los sistemas de contrafuertes son bastante diferenciados. Esta tiene simetría biaxial mientras que aquella solo axial, con lo que hay una dirección más penalizada a efectos de contrarresto que otra, de ahí la diferencia en el número de contrafuertes.

La apertura angular de la cúpula es de 134° , prácticamente igual a la de la Sehzade (140°). En tanto que el diámetro de su cúpula si es superior, alrededor de 27 metros de diámetro por unos 19 de la mezquita del Príncipe.

Otro sistema de contrarresto que ayuda a verticalizar las cargas diagonales de la cúpula son las cuatro torres octogonales macizas coronadas por cúpulas sobre la prolongación de los soportes principales. Torres que ya utilizó Sinán en la Sehzade, aunque en ese caso cilíndricas.



Fig. 10. Torres octogonales. Suleimaniye.

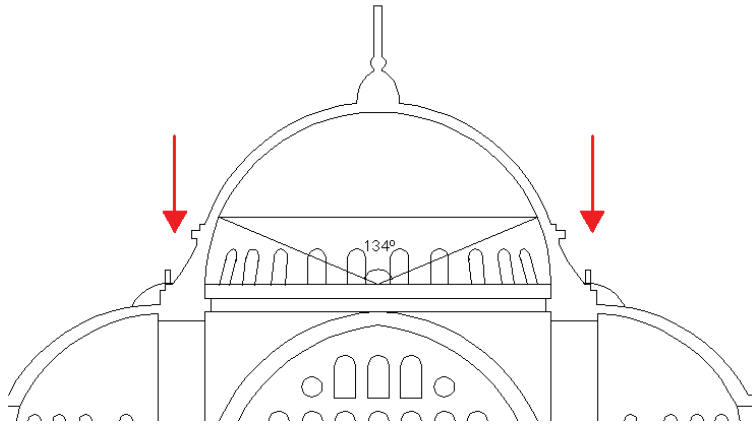


Fig. 11. Sistema de verticalización de cargas y ángulo de apertura de la cúpula. (Dibujo del autor)

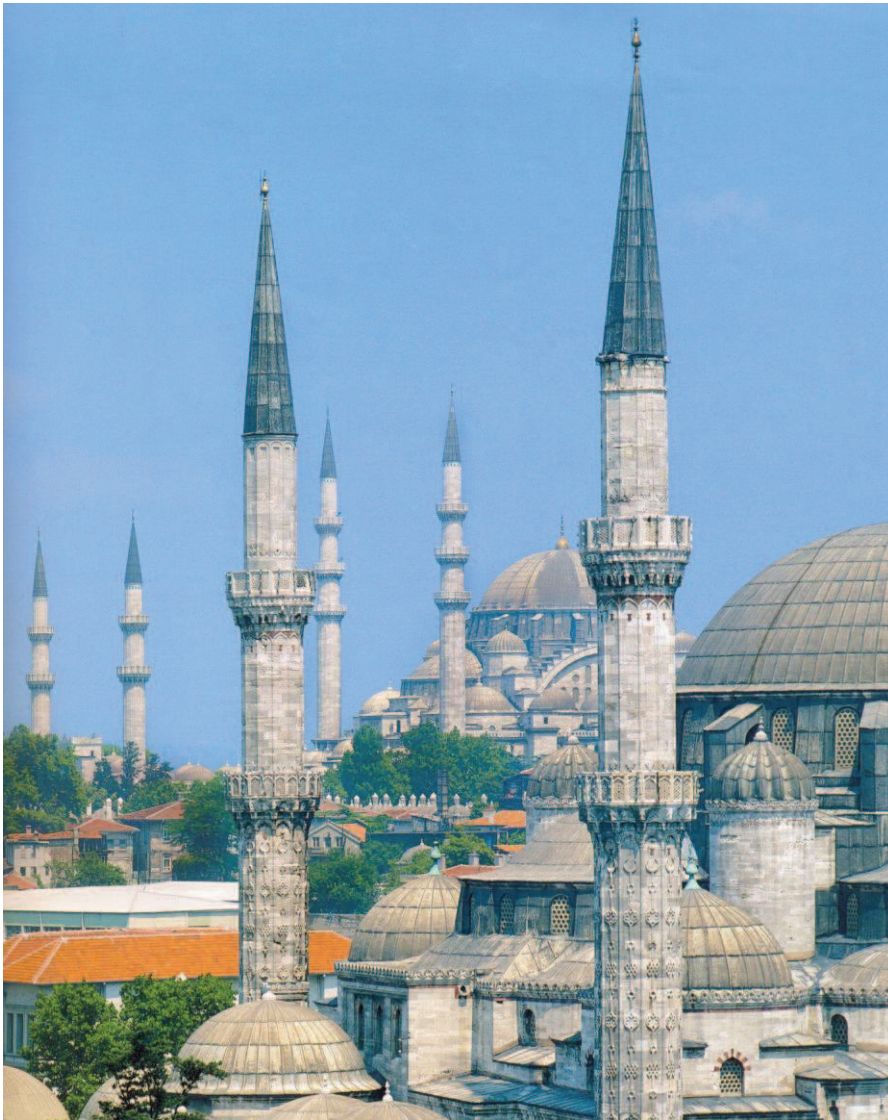


Fig. 12. En primer plano la Sehzade Mehmet, al fondo la Süleymaniye. (Necipoglu)

En la fotografía de la figura 12 se pueden observar las torres de verticalización de cargas así como el juego de cúpulas en fluido descenso hasta los muros perimetrales. Los minaretes aportan una elegancia evidente en ambos conjuntos; en Sehzade Mehmet y en la propia Süleymaniye.

El sistema de atirantamiento también aparece en la Suleimaniye. Aparte de las mencionadas anteriormente barras de hierro en la cúpula, aquí también lo está el cuadrado en el que está inscrita la cúpula reforzando el cuadrado de los soportes. También aparecen atirantadas las esquinas de la nave de oración.

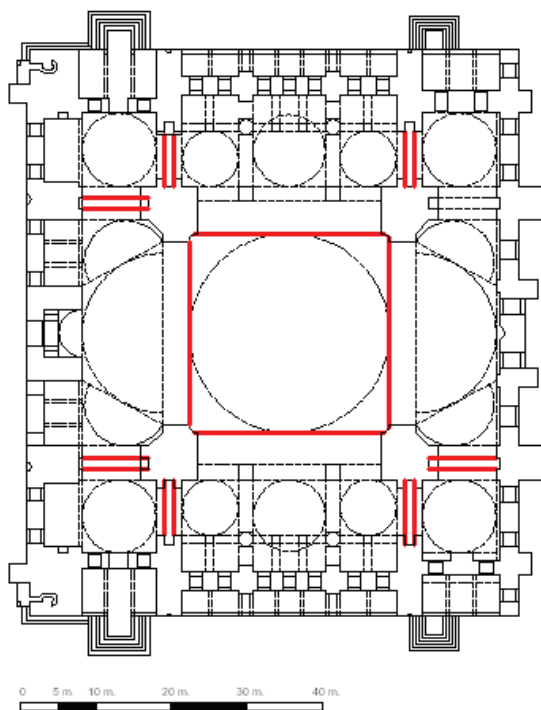


Fig. 13. Sistema de atirantamiento de la nave de oración de la mezquita de Süleyman marcado en rojo. Estos tienen una función más geométrica que resistente. (Dibujo del autor).

La Suleimaniye tiene cuatro alminares en las cuatro esquinas de su patio delantero. Los alminares de mayor altura miden 76 metros desde el suelo hasta el extremo final y presentan tres balcones. Los menores, con dos balcones, alcanzan una altura de 56 metros.

Como ha sido comentado, la segunda mezquita monumental de Sinán, tras la Sehzade Mehmet, la de Süleyman, es en cierto sentido, un retorno a la mezquita de Bayaceto II también en Estambul (año 1506).

De forma diferente a como sucede en la Mihrimah Sultán de Üsküdar y en la Sehzade Mehmet, los espacios laterales de la Suleimaniye están cubiertos, no por semicúpulas sino por cinco cúpulas individuales. Los laterales de las cúpulas de la Suleimaniye no son todos del mismo tamaño alternando diámetros de 9.90 y 7.20 metros. Debido a esto, la cúpula central representa

algo más de cuatro veces sin llegar a cinco, el tamaño de la unidad básica, dada por la cúpula de la esquina.

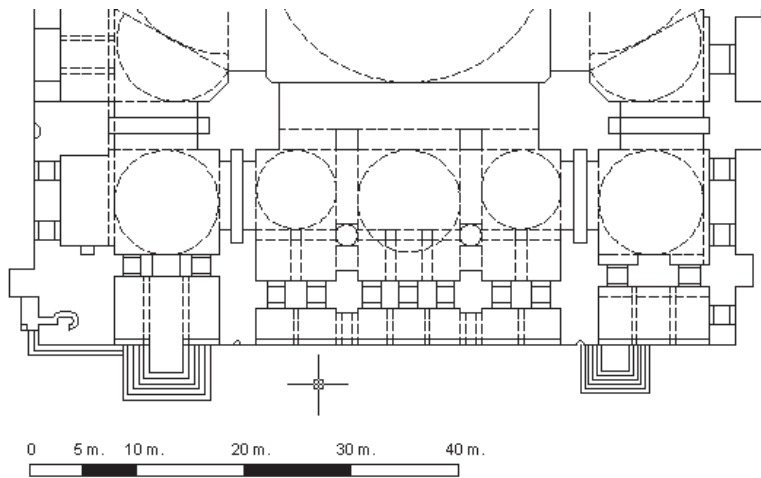


Fig. 14. Sistema de cúpulas de las naves laterales de la Suleimaniye. (Dibujo del autor).

Está claro que Sinán eligió un ala lateral de cinco unidades con el fin de evitar el tener una columna sobre el eje lateral pasando a través del centro de la cúpula principal. Obviamente, quería mantener los ejes libres de soportes verticales con el fin de mejorar el diseño de la mezquita de Bayaceto II.

En la Mihrimah de Üsküdar y en la Sehzade Mehmet había resuelto el problema utilizando semicúpulas que, como la misma cúpula central, se extienden de un pilar a otro. Pero en el caso de la Suleimaniye, sin embargo, no utilizó las semicúpulas en los laterales porque en la mezquita de este sultán parece que quería intentar una versión más pequeña de Santa Sofía. Así que en los laterales, utilizó unidades de cúpula triple al estilo otomano. Sin embargo el sistema de tres unidades creó un problema. Significaba que el espacio central tenía que contener nueve unidades en lugar de cuatro, y que esto incrementaría la profundidad de las medias cúpulas hacia el sur y el norte de la cúpula principal en vez de una vez y media la unidad básica. Comprensiblemente, Sinán no eligió un sistema que fuese en contra de la modularidad, esencialmente cuadrada, de la arquitectura otomana clásica.

Disminuyendo el tamaño de las cúpulas laterales y escondiendo una porción de éstas tras los grandes pilares, produjo un esquema ingenioso mucho más sofisticado que el desarrollado por Yakub Sah para la mezquita de Bayaceto en Estambul.

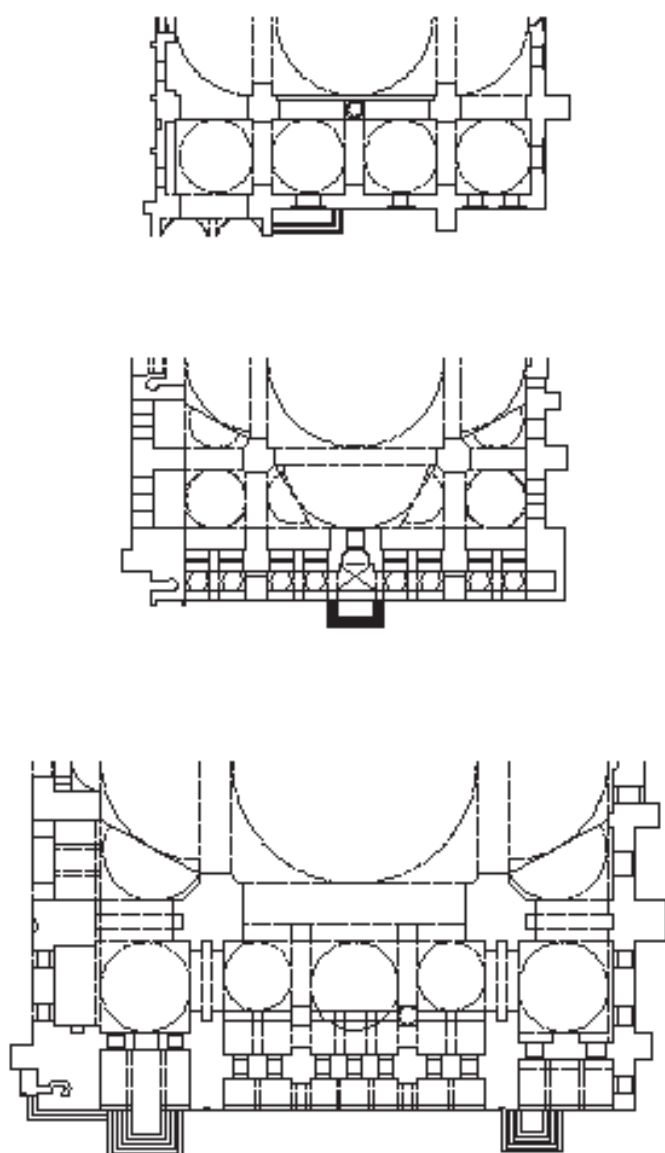


Fig. 15. Naves laterales de las tres mezquitas, Bayaceto II, Sehzade Mehmet y Suleimaniye. (Dibujo del autor).

Se aprecia claramente la similitud entre las naves laterales entre la mezquita de Bayaceto y la de Süleyman pese a la alternancia del tamaño de las cúpulas totalmente uniforme en la de Bayaceto II. Estas dos mezquitas tienen también en común la disposición longitudinal de sus cúpulas; una central y dos semicúpulas que la flanquean.

En la otra obra de Sinán, la Sehzade esta analogía se antoja menos próxima debido a su configuración en planta del sistema de cúpulas.

En Santa Sofía las naves laterales están cubiertas con bóvedas de crucería y arista, más acorde a su época (siglo VI) y a su tradición arquitectónica y cultural.

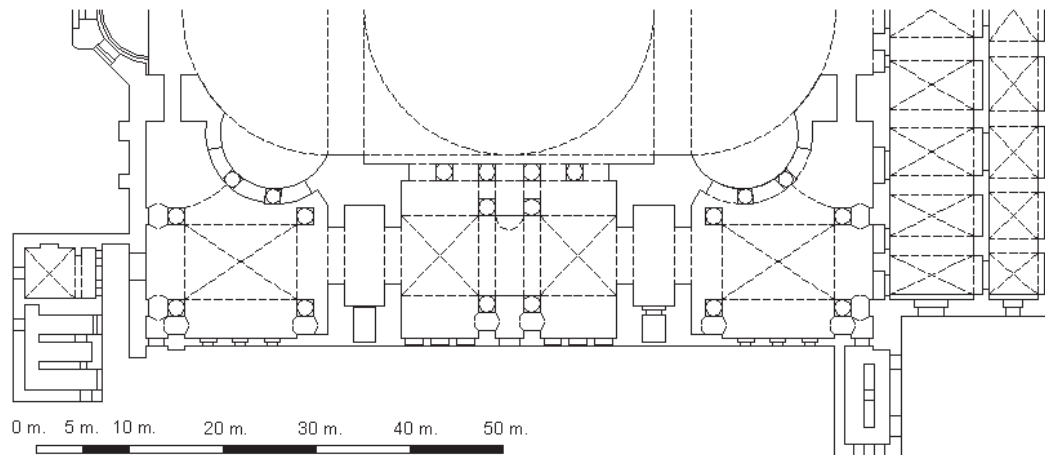


Fig. 16. Naves laterales de Santa Sofía, claramente de tradición medieval. (Dibujo del autor).

Por lo que respecta a la composición en planta de la Suleimaniye se aprecia la composición de cúpulas principales en el estilo de la de Santa Sofía.

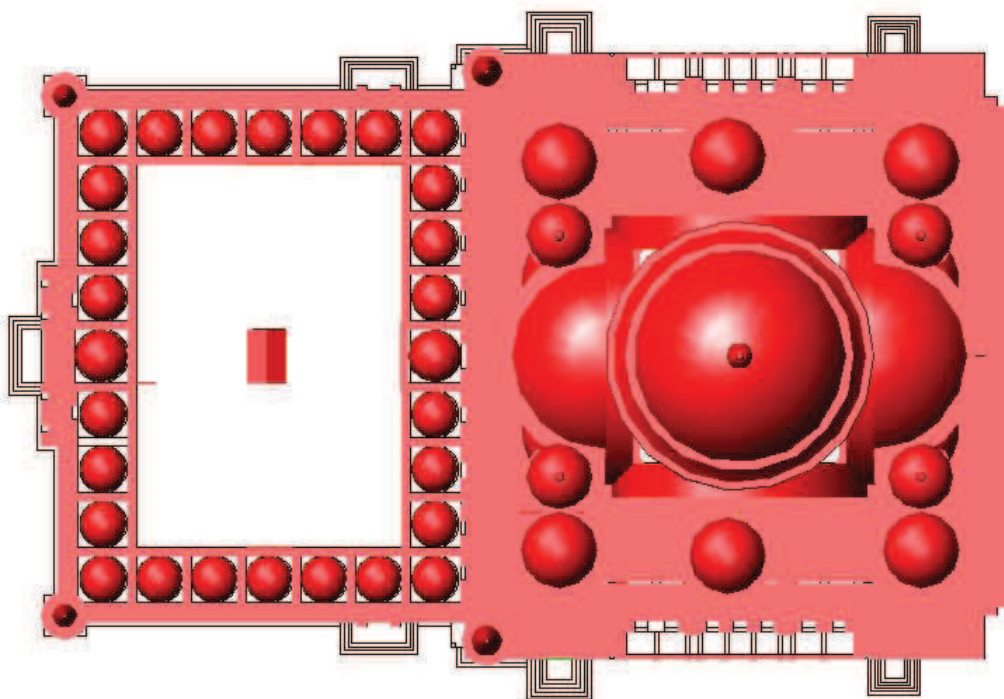
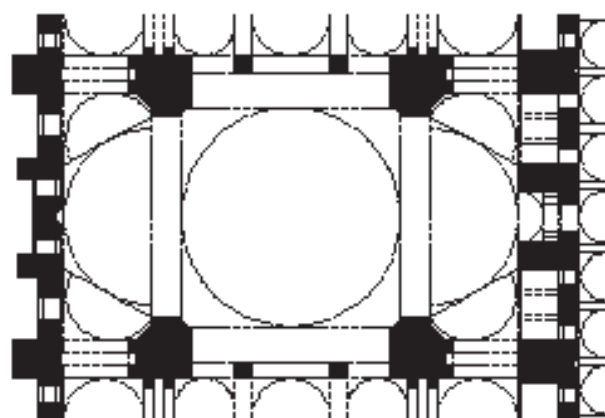
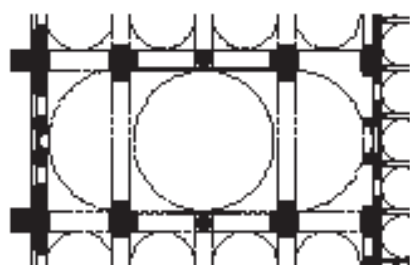
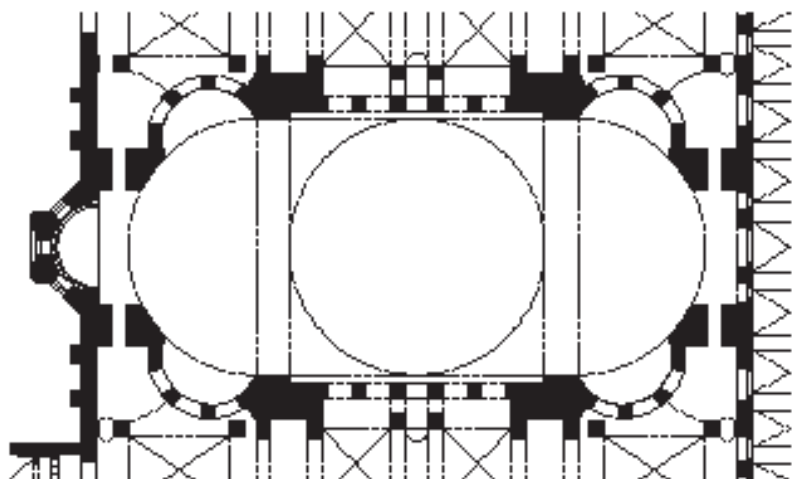


Fig. 17. Volumetría de la Suleimaniye. Vista superior. (Construcción 3D del autor).

En cualquier caso la referencia en planta de la mezquita de Süleyman está próxima en el tiempo a la de Bayaceto II y, por supuesto conceptualmente, a la iglesia de Santa Sofía. Recordar en cualquier caso que Santa Sofía es de planta basilical y las otras dos tienen plantas cuadradas.



0 m. 5 m. 10 m. 20 m. 30 m. 40 m. 50 m.

Fig. 18. Comparativa de las plantas de Santa Sofía, mezquita de Bayaceto II y la Suleimaniye a la misma escala. (Dibujo del autor).

A diferencia de Santa Sofía el volumen exterior de la mezquita de Süleyman es mucho más armonioso y fluido.

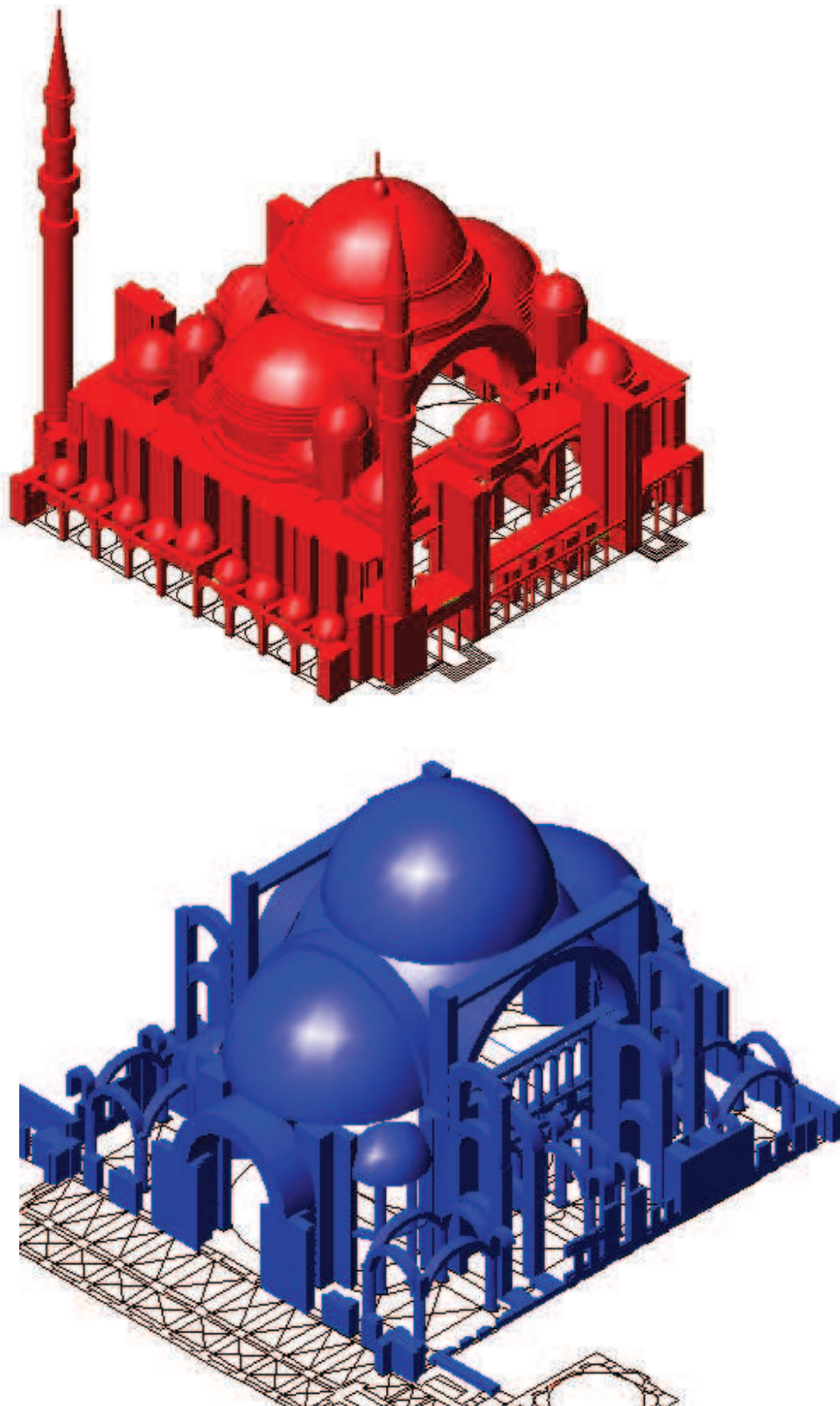


Fig. 19. Comparativa volumétrica de Suleimaniye (sala de oración) y Santa Sofía. (Construcción 3D del autor).

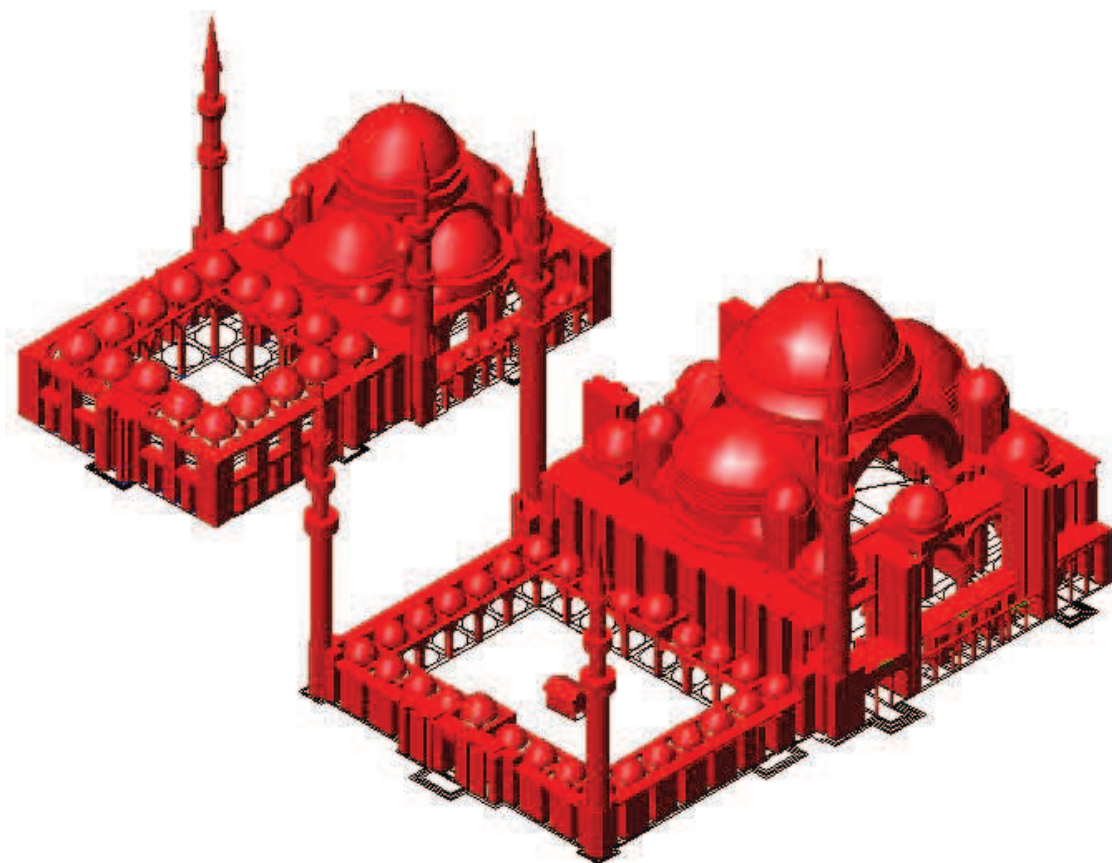


Fig. 20. Comparativa mezquitas de Sehzade arriba y Suleimaniye abajo (misma escala).
(Construcción 3D del autor).

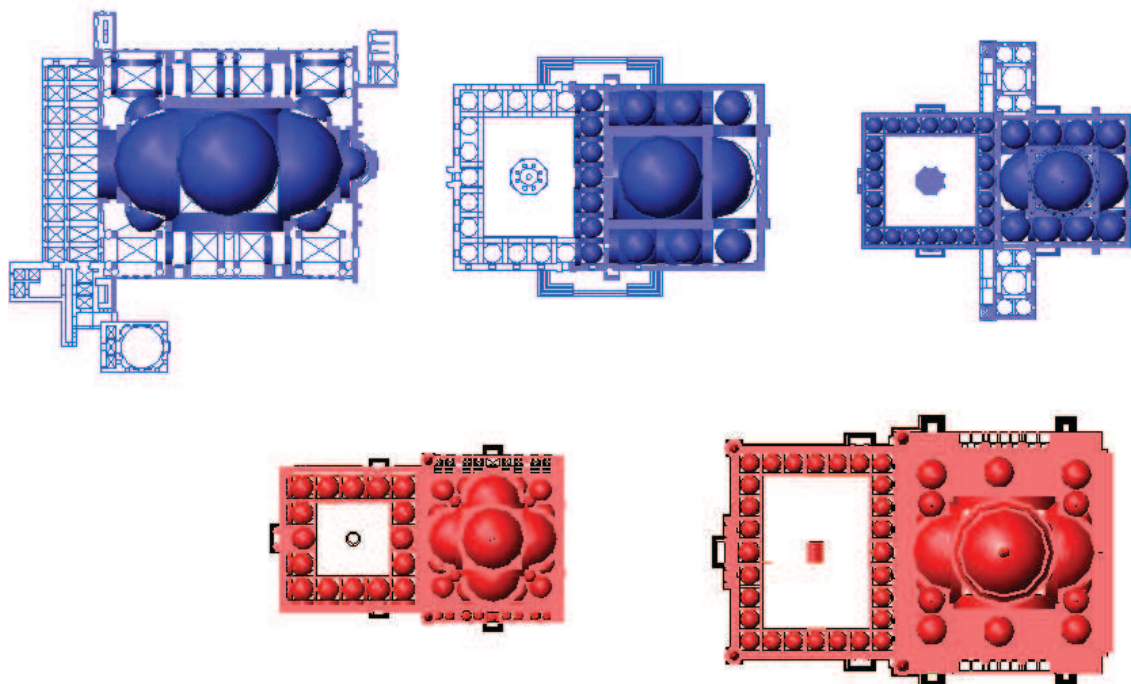


Fig. 21. Comparativa vista superior: S. Sofía, Bayaceto, Fatih (azul), Sehzade y Süleyman (rojo).
(Autor).

La construcción de la Sehzade como continuación conceptual de la de la Mihrimah en Üsküdar, con una planta centralizada y simetría biaxial es el principio de la evolución de Sinán en la experimentación de resolución de empujes y búsqueda de contrarrestos basados en las complejas y a la vez hermosas combinaciones de cúpulas. También los diámetros de las cúpulas comienzan a crecer, aunque su sistema de construcción es el mismo: cúpulas de ladrillo de una sola hoja, extremadamente ligeras y de un espesor entre 60 y 80 centímetros.

El sistema de apertura angular que ronda los 140° ayuda a bajar el punto de cambio de compresión-tracción, haciendo que trabaje casi únicamente en el estado ideal de compresión. Los elementos a modo de pequeños contrafuertes que recintan la cúpula, así como los anillos metálicos alivian las sollicitaciones de este estado de tracción.

Ya se ha visto, sino la relación, si la referencia que Sinán hace en la Suleimaniye a Santa Sofía acaso forzado por las apetencias del propio sultán en su obsesión de seguir el esquema de la iglesia cristiana convertida en mezquita y buscar su superación. Sinán abandonó pues el camino emprendido en Üsküdar y en la Mezquita del Príncipe para ir a una solución más contrastada y que tenía a la vista; la solución de cúpula central flanqueada por dos semicúpulas en una dirección y arcos torales en la otra.

El gran paño que queda bajo los arcos torales posibilitaba su calado por multitud de ventanas ya que estos paños no tenían función sustentante alguna. Pero al igual que en Santa Sofía, pero sin la deformación que sufrió su cúpula, la disposición asimétrica del sistema de contrarrestos obligó a Sinán a disponer de sendos pares de contrafuertes en la dirección de los arcos torales de semejante manera a los que levantó Isidoro “El Joven”. La medida en la ejecución y volumen que tuvo Sinán contrasta con las grandes moles que se construyeron en Santa Sofía.

Las dimensiones de las cúpulas principales están bastante próximas en ambas, (sin tener en cuenta la deformación sufrida en la de Santa Sofía) 30 metros de diámetro (unos cien pies) en la catedral bizantina por unos 27 en la mezquita. Estas dimensiones hacen que el peralte (relación entre diámetro y altura) de dichas cúpulas sea también bastante similar. 0.310 en Santa Sofía y 0.347 en la Suleimaniye. Teniendo en cuenta que el peralte de una cúpula semiesférica “pura” sería de 0.500 y que este es inverso del empuje, se tendría una idea de las características y el comportamiento bastante similar de ambas.

A continuación se verán en planta estas analogías referidas en este apartado.

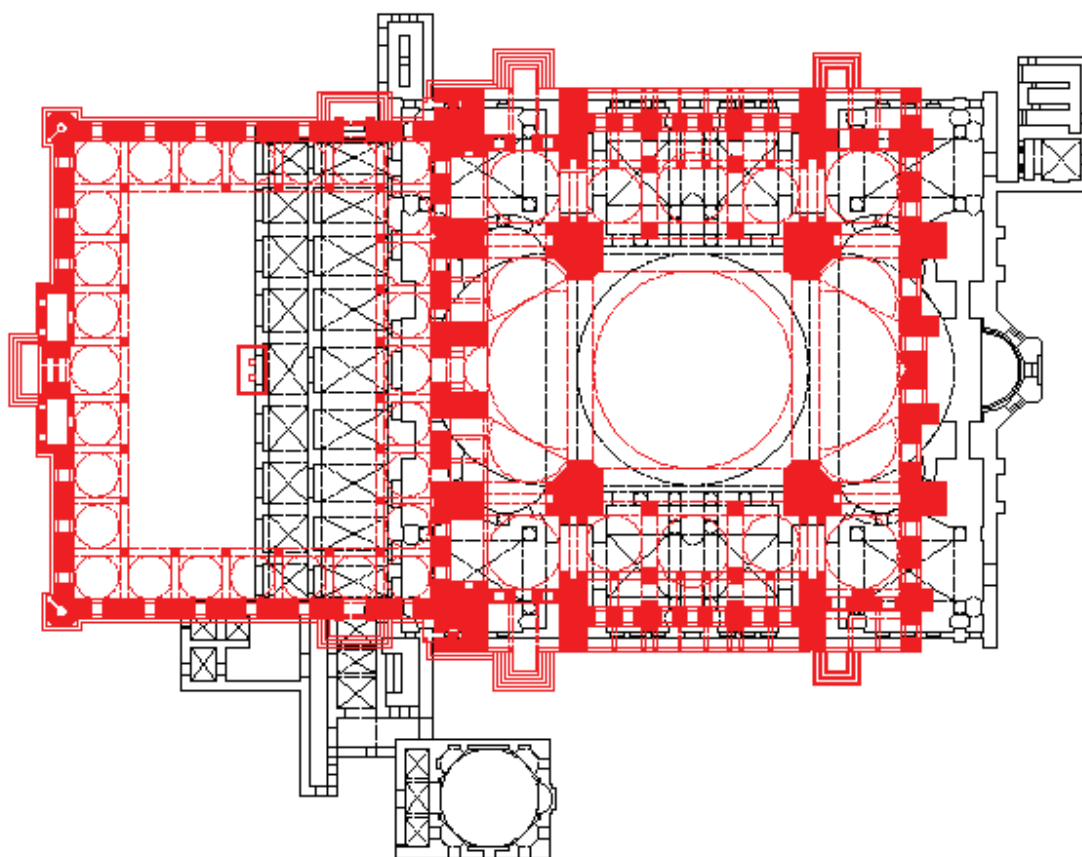


Fig. 22. Comparativa superpuesta de las plantas de Santa Sofía (en trazo negro) y la mezquita de Süleyman (en color rojo). (Dibujo del autor)

Lo primero que se aprecia en la figura 22 es la dimensión de las cúpulas secundarias de Santa Sofía, bastante mayores que las de la mezquita. Por otro lado el ancho de ambos edificios es prácticamente el mismo incluyendo las naves laterales sobre las que ya se ha hablado anteriormente. Santa Sofía siendo como es una iglesia de planta basilical tiene mayor desarrollo longitudinal que la Suleimaniye. En lo referente a la posición de los soportes principales de la cúpula central estos están ubicados prácticamente de igual manera en los dos monumentos.

Si en su momento no hubiese desaparecido el atrio original de Santa Sofía el conjunto tendría un desarrollo longitudinal fuertemente pronunciado. Desafortunadamente solo se conservan el nártex y el exonártex. La figura del baptisterio poligonal es, también un elemento de distorsión en la compacidad del conjunto y aunque hoy se vea Santa Sofía con sus esbeltos minaretes, estos no formaban parte del complejo originario y contribuyen a dar una imagen que, evidentemente no era la primigenia de este edificio. De hecho el mismo Sinán añadió dos minaretes en el XVI.

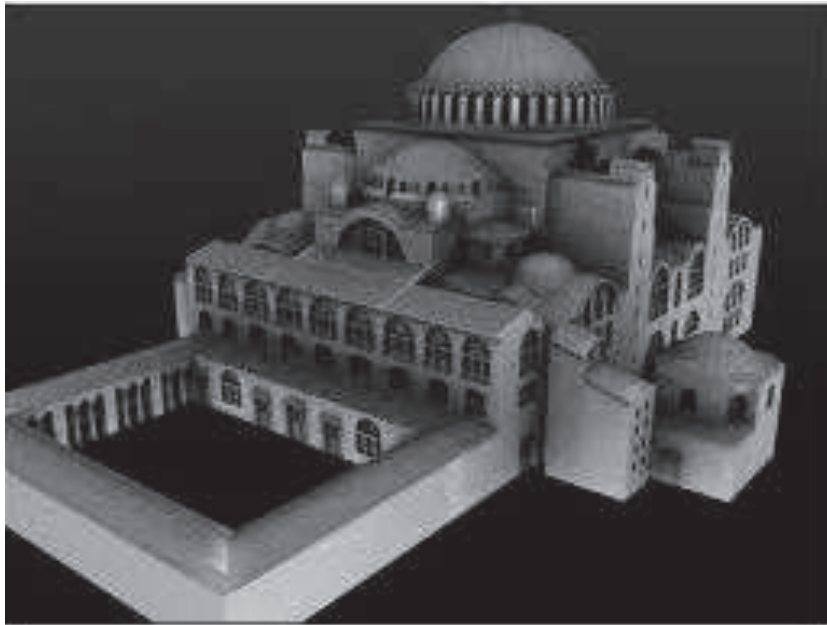


Fig. 23. Maqueta de Santa Sofía con el atrio y los contrafuertes de Isidoro “El Joven”.

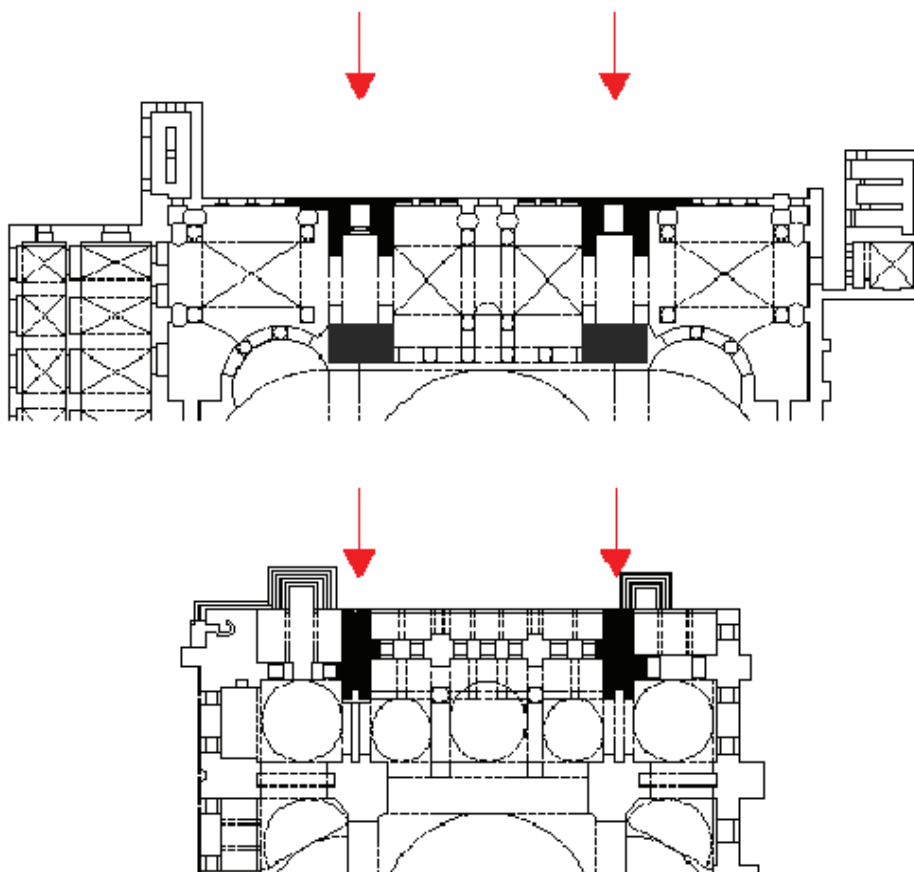


Fig. 24. Contrafuertes en la dirección de los arcos torales en Santa Sofía (arriba) y los de la Suleimaniye (abajo). (Dibujo del autor).

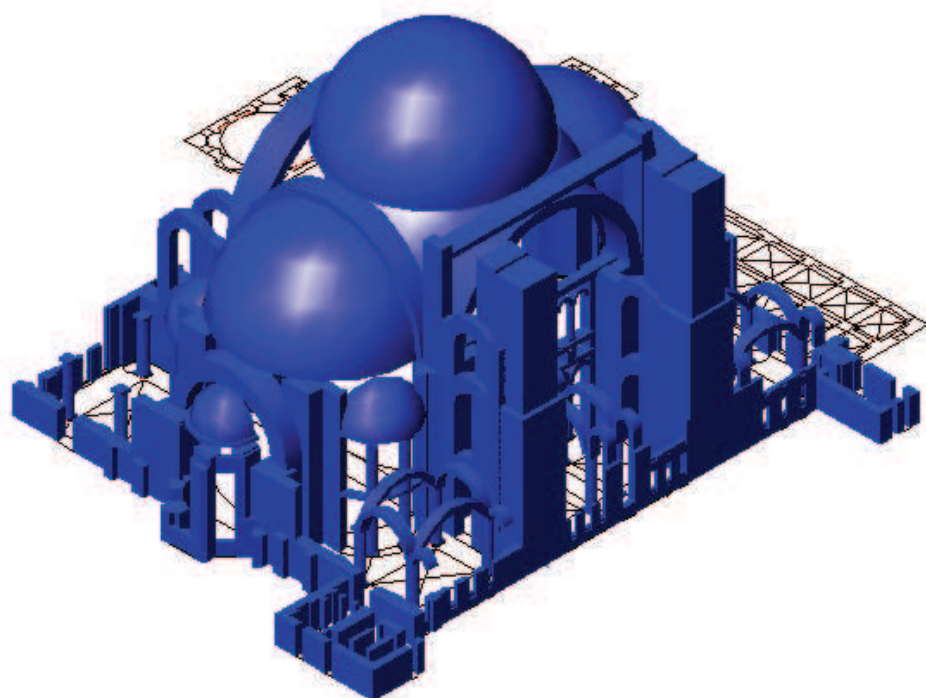


Fig. 25. Contrafuertes en la dirección de los arcos torales en Santa Sofía. (Construcción 3D del autor).

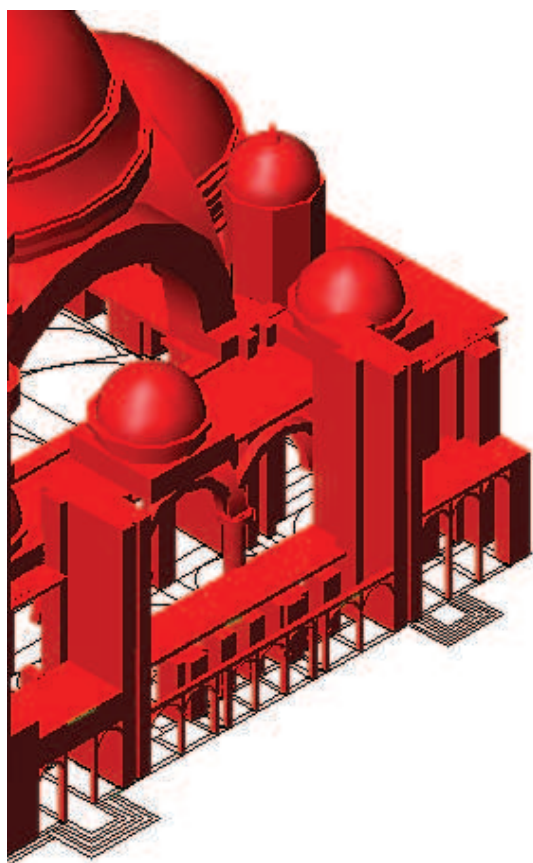


Fig. 26. Contrafuertes en la Suleimaniye. (Autor)

Los contrafuertes de la Suleimaniye se elevan sobre el primer nivel llegando casi a la altura de la base de la cúpula. Este es el primer caso en que Sinán recurre a esta estrategia quizá observada ya en Santa Sofía y con la comprensión de su utilidad. Decir también que el tipo de fábrica utilizado en el levantamiento de Santa Sofía propició movimientos en el edificio ya desde el inicio de su construcción (según Procopio de Cesarea). Si bien se utilizó piedra en el arranque ésta fue sustituyéndose a medida que el edificio crecía en altura por fábrica de ladrillo y mortero. Precisamente este tipo de fábrica bizantina, que utilizaba gruesas llagas de mortero (2/3 de mortero por 1/3 de ladrillo, como se verá más adelante), favorecía la deformación ya que experimentaba grandes retracciones durante el proceso de fraguado. La deformación de la cúpula obligó al refuerzo de arcos y a la construcción, acaso desmesurada, de los enormes contrafuertes.

Las mezquitas de Sinán evolucionaron en técnica y en material. La fábrica de piedra es, evidentemente menos deformable. En cualquier caso insistir una vez más que Sinán contaba con 1000 años de experiencia constructiva y tecnológica acumulada. De cualquier manera el espíritu de Santa Sofía estaba latente en la mezquita de Süleyman.



Fig. 27. Volumetría en alzado de Suleimaniye (color rojo) y Santa Sofía (color azul). (Construcción 3D del autor).

La comparación entre los alzados es bastante esclarecedora de lo expuesto anteriormente. En el alzado de Santa Sofía se han eliminado los contrafuertes para tener una visión más clara. El esquema es afín, aunque la volumetría de Santa Sofía es más contundente y compacta; más potente. Se aprecian también los paños de sector circular bajo los arcos torales de ambos edificios, que como, se ha mencionado, eran los que dotaban de luz al interior del edificio.

El sistema de naves laterales se muestra más complejo en Santa Sofía, constituidas por arcos de medio punto y bóvedas de arista y crucería. En la mezquita las naves laterales son menos elaboradas, están constituidas por entramados de arcos que soportan cúpulas semiesféricas.

Aunque la inspiración para Sinán estaba patente en Santa Sofía, no se debe olvidar que en Estambul ya había otra mezquita que se inspiró también en ella 50 años antes de que Sinán abordase el reto de la Suleimaniye. Esta era la mezquita de otro sultán; la mezquita de Bayaceto II, que también fue estudiada por Sinán. Por su tamaño no rivaliza ni con la Suleimaniye, ni por supuesto, con Santa Sofía, pero es un fiel reflejo del concepto que aparece en Santa Sofía en cuanto la disposición del esquema resistente. La Mezquita de Bayaceto II se concluyó en 1506 y la de Süleyman en 1557.

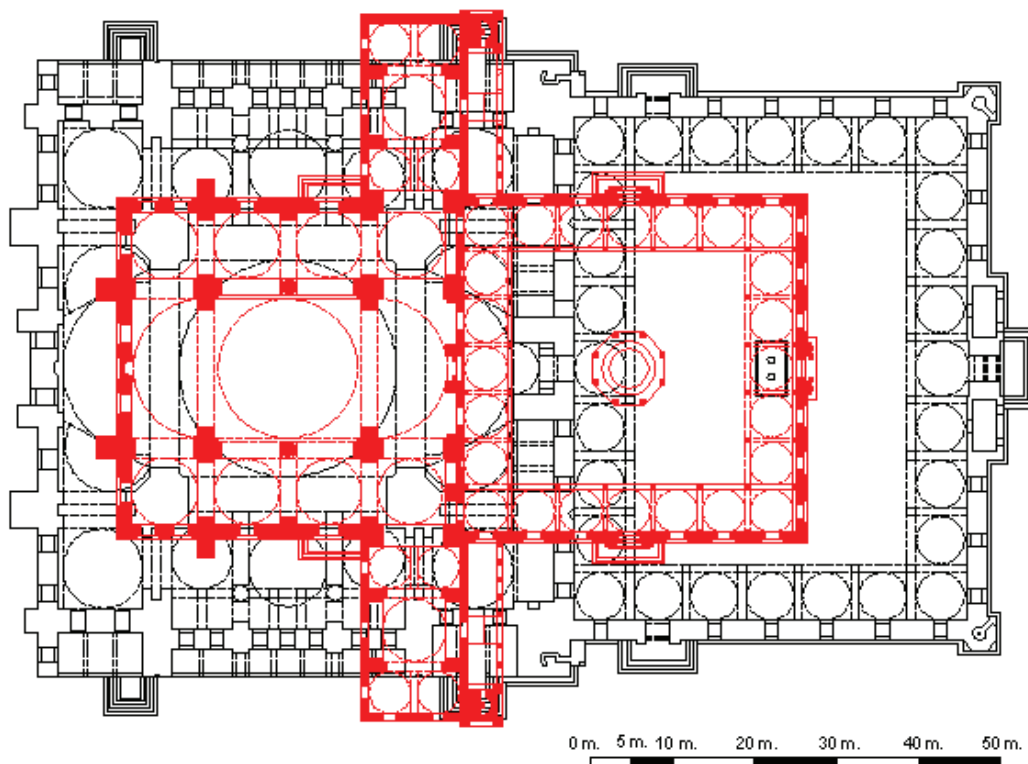


Fig. 28. Comparativa de plantas de la mezquita de Bayaceto II (color rojo) y la Suleimaniye (trazo negro).(Dibujo del autor).

Los escasos 17 metros de diámetro de la mezquita de Bayaceto no son comparables a los casi 27 de la Suleimaniye, pero no cabe duda que la concepción espacial es similar; cúpula central flanqueada por dos semicúpulas y arcos torales. La relación de proporción entre cada mezquita y su patio se hace también patentes.

Las relaciones de proporción y el gusto por la geometría son también una constante en la arquitectura otomana a partir de mitad del siglo XVI, el momento de máximo esplendor de su arquitectura clásica.

En este capítulo se ha analizado la mezquita de Süleyman desde diferentes puntos de vista. Sinán cambia definitivamente de registro en esta obra y se sitúa en una posición de superación de la riqueza y armonía interior de sus realizaciones. También patentiza su carrera en pro de la consecución de cúpulas cada vez mayores y con menos soportes para hacer los interiores más limpios, luminosos y diáfanos.

Los problemas de estabilidad los resuelve con maestría y sin estridencias, es un perfecto conocedor del comportamiento de los elementos que constituyen el todo englobado en una armoniosa unidad en la que nada desentona y en la que nada destaca.

El horizonte de la enigmática Estambul se va viendo rasgado con cúpulas y minaretes en una sorprendente sinfonía formal. Pero todo ello subordinado acaso a Santa Sofía, la primera gran cúpula, la que fue la primera gran mezquita otomana. Santa Sofía permaneció en su colina quizá esperando que alguna otra obra acompañase su silueta en el horizonte. Tuvieron que pasar casi 1000 años hasta que se empezaron a atisbar “compañeras cupuladas”; Fatih Camii, y la mezquita de Bayaceto empezaron a trazar el sendero, pero no fue hasta la aparición del insigne arquitecto del sultán Süleyman, “el viejo Sinán” o “el maestro Sinán” que se trazó el camino definitivo. La Suleimaniye bebió en las fuentes de Santa Sofía quizá más por deseo de su mecenas que del propio arquitecto, pero en cualquier caso el logro está ahí.

Pero este “comienzo” de Sinán se desarrollaría y explotaría definitivamente bajo el patronazgo de otro gran sultán; Selim II, bajo cuyos auspicios se construyó en Edirne la Selimiye, cuya cúpula esta vez sí, superó a la de Santa Sofía.

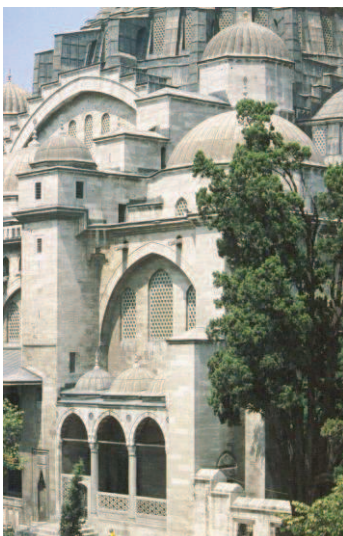


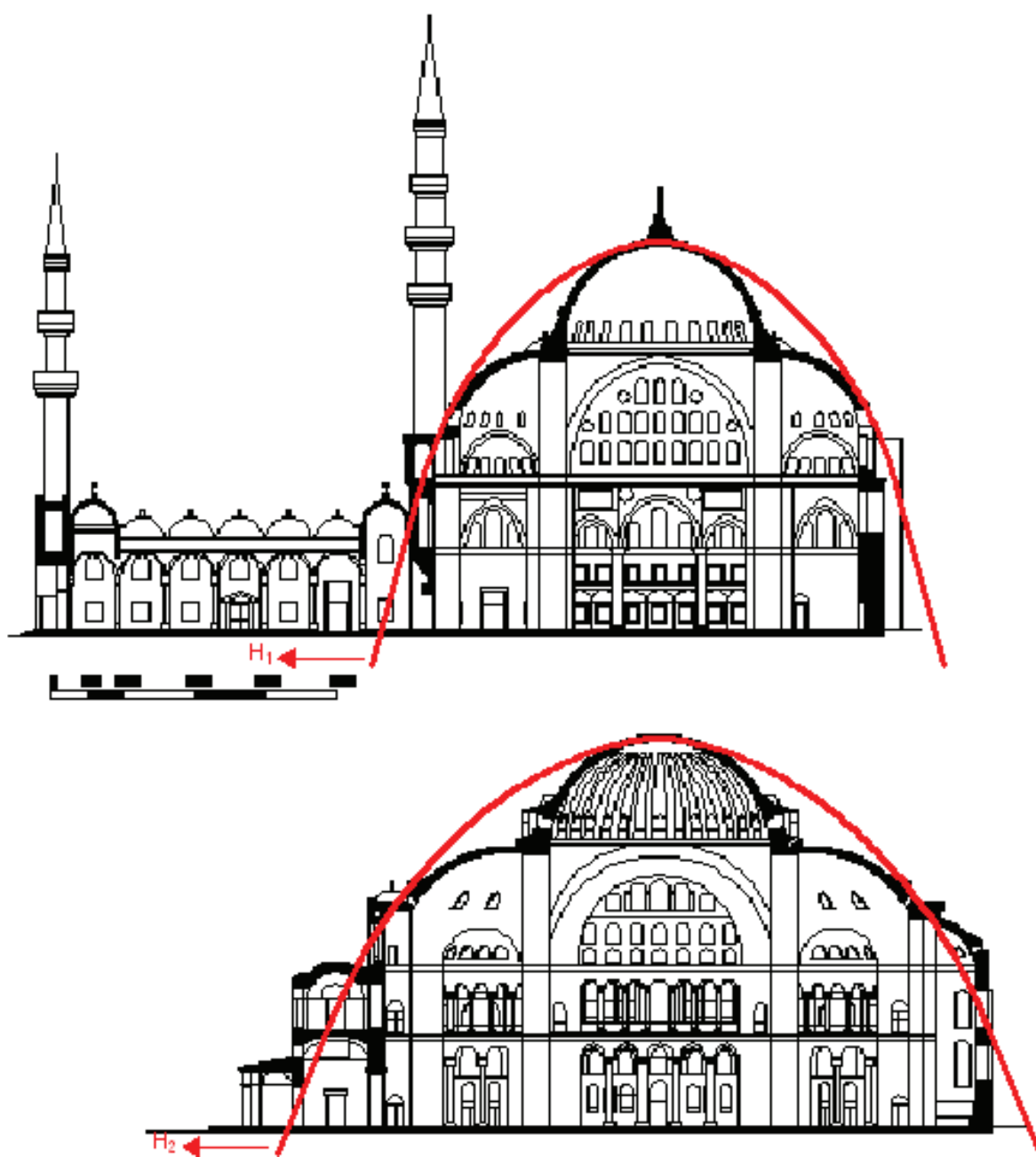
Fig. 29. Exterior de la Suleimaniye.



Fig. 30. Interior de la sala de oración de la mezquita de Süleyman.



Fig.31. Grabado del complejo de la mezquita de Süleyman. (Melchior Loris 1570).



$$H_2 \gg H_1$$

Fig.32. Secciones comparativas de la Mezquita de Süleyman y de Santa Sofía. El “esquema” de la línea de empujes evidencia el mayor empuje horizontal que produce el esquema estructural de Santa Sofía. (Dibujo del autor).

En los gráficos sobre estas líneas se pueden apreciar los esquemas de la línea de cargas global que recorren tanto la mezquita de Süleyman (arriba), como la de Santa Sofía (abajo).

Aunque se trate de una línea esquemática si da una idea de las características de ambas; en efecto, el empuje horizontal de la línea de cargas de Santa Sofía (H_2) es apreciablemente mayor que la de la Suleimaniye (H_1).

Esto se debe, sin duda, al planteamiento de planta basilical de la catedral bizantina, siendo más centralizado el esquema de planta de la mezquita. Sinán consiguió racionalizar el esquema estructural de su mezquita consiguiendo un esquema mecánico más armonioso.

12. SELIMIYE

Llegados a la mezquita que el propio Sinán definió como su obra maestra, los historiadores de arte siguen discutiendo los méritos de las tres grandes: la Sehzade, la Suleimaniye y esta del sultán Selím II: la Selimiye. Pero la verdadera evolución reside en la emancipación del arquitecto frente a la voluntad del sultán.



Fig. 1. Mezquita de Selim II en Edirne. Mimar Sinán.

La obsesión imperial dejó de ser una preocupación para Selím II, quien inauguró la larga lista de los sultanes que se encerraron en su harén. Ahora es el arquitecto el que afronta el desafío de la mayor cúpula posible. No resultaría equivocado afirmar que fue Sinán quien impulsó a Selím a realizar, desde el primer año de su reinado una mezquita mayor que la de sus antecesores.

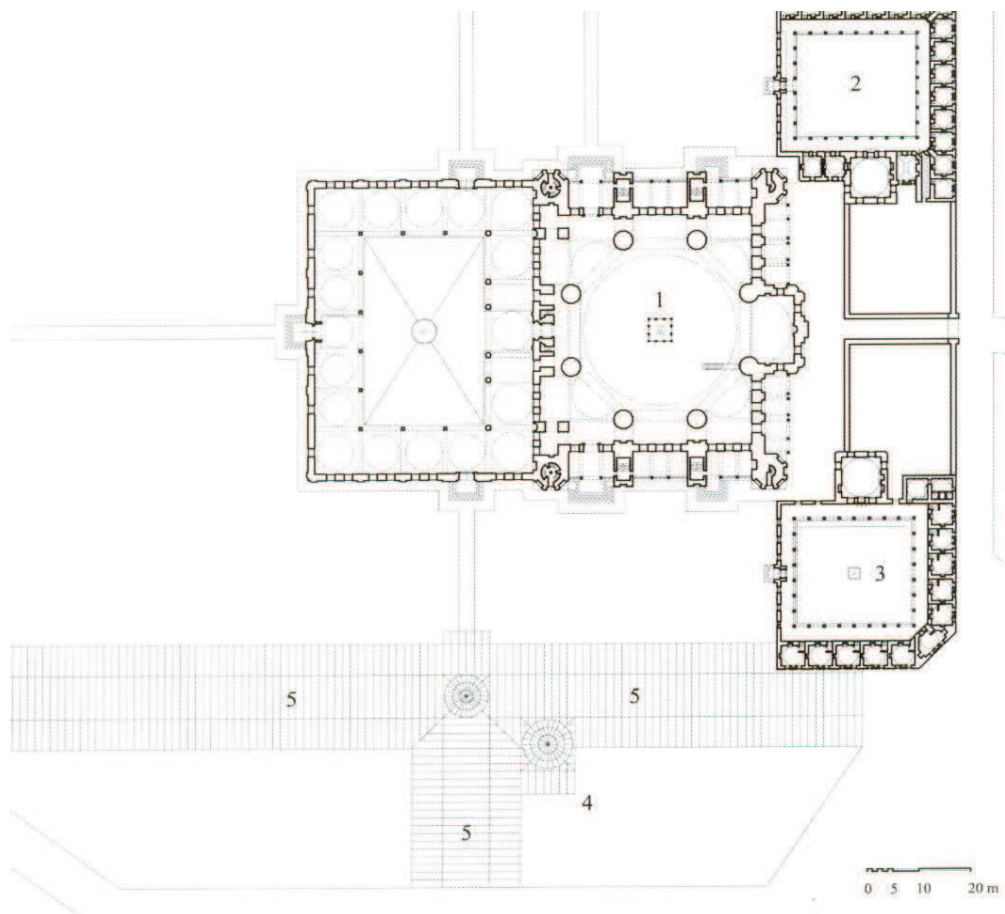


Fig.2. Conjunto de la Mezquita de Selim II en Edirne. Mimar Sinán. (Kuran)

Textos otomanos del siglo XVIII lo afirman con toda claridad y el propio Sinán escribe en su autobiografía que con la Selimiye pretendió igualar la cúpula de Santa Sofía y situarse al mismo tiempo en un contexto de competición internacional. (1) “...Aquellos que pasan por arquitectos entre los infieles pecadores habían pretendido ser superiores a los musulmanes, puesto que no

(1) . Stéphane Yerasimos. CONSTANTINOPLA. La herencia histórica de Estambul. Ullman & Köeman. 2007. Traducción española de la original en francés: Constantinople De Byzance á Istambul. Pp. 270 y sucesivas. (op. ct.). (Bibliog. nº 124)

se había edificado en tierras del islám ninguna cúpula igual a la de Santa Sofía. Vuestro siervo conserva en la memoria la afirmación de que es muy difícil sostener una cúpula semejante. Yo he intentado esa hazaña en la construcción de la mencionada mezquita, y con la ayuda de Dios Todopoderoso y gracias al sultán Selím Han, he demostrado mi poder y he hecho esta cúpula seis codos más ancha y cuatro codos más profunda que la de Santa Sofía...”. Ello significaría respectivamente 4 y 3 metros más, lo que no se corresponde con la realidad. Los esfuerzos de Sinán o de su portavoz el poeta Sa’i por convencer a sus coetáneos de la apuesta demuestran la importancia a sus ojos de lo que estaba en juego.

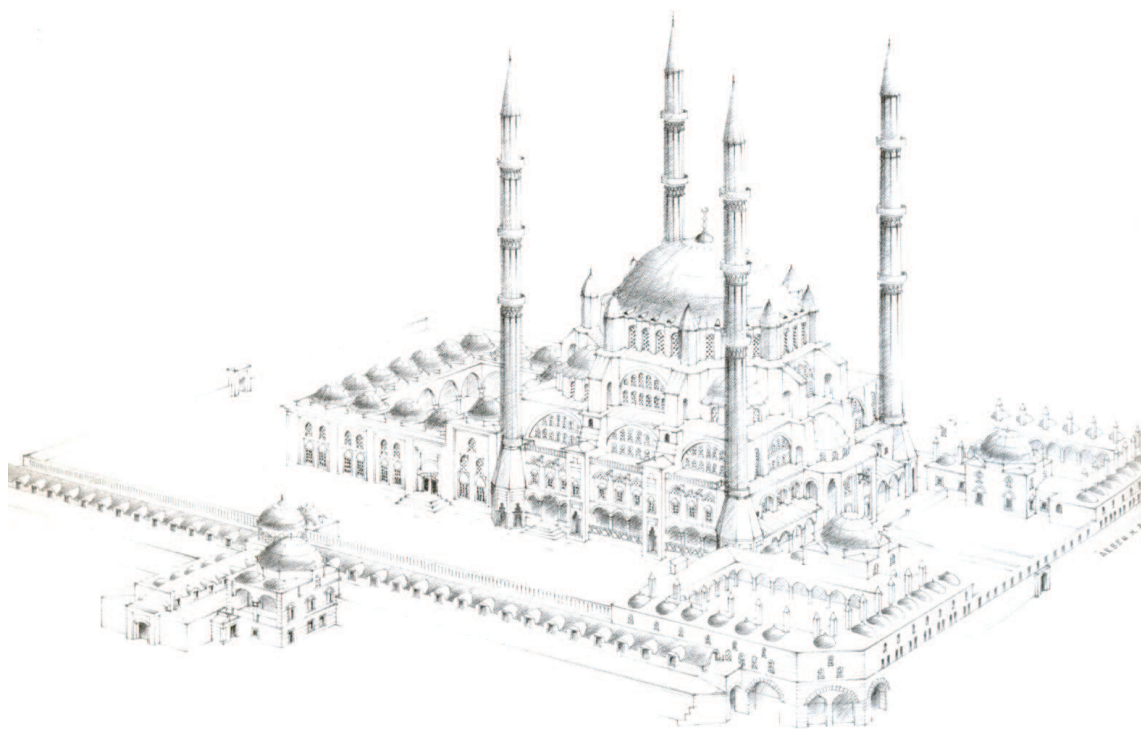


Fig.2. Axonometría del conjunto de la Mezquita de Selim II en Edirne. Mimar Sinán. (Necipoglu)

El casquete de la cúpula de la Selimiye es más alto que el de Santa Sofía, pero Sinán sabía mejor que nadie que lo más difícil no era hacer un casquete bajo, y que la primera cúpula de Santa Sofía se vino abajo precisamente por que era demasiado baja. La altura de la cúpula de la Selimiye, del suelo a la clave de bóveda, es de 42.50 metros, frente a los 55.50 metros de Santa Sofía y los 49.50 de la Suleimaniye. En cambio, su diámetro de 31.32 metros se corresponde con el diámetro medio de la cúpula elíptica de Santa Sofía. Sinán tomó pues la precaución de bajar la altura, incluso en relación con la Suleimaniye, para igualar el diámetro de Santa Sofía.

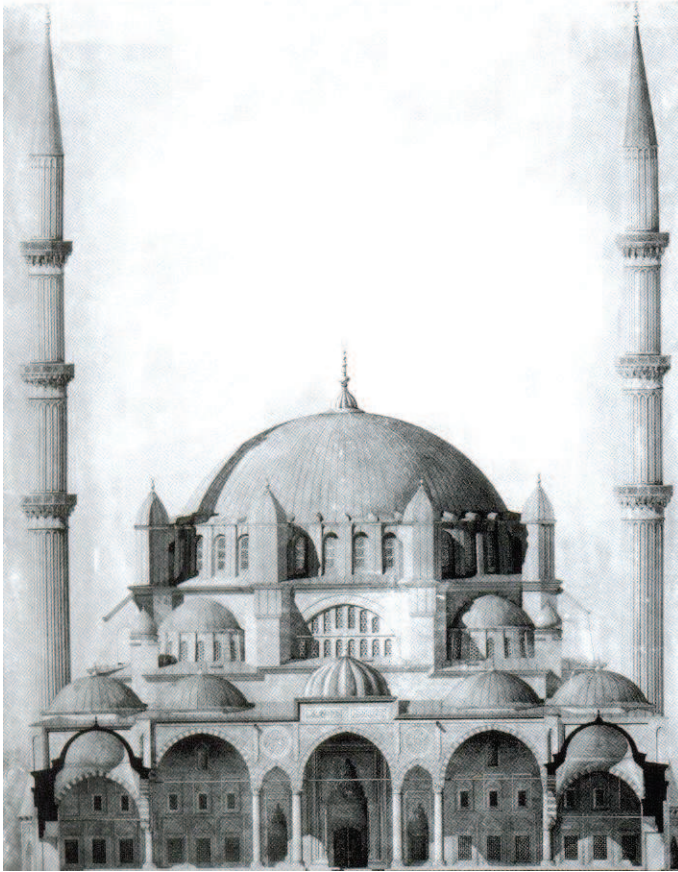


Fig.3. Dibujo del alzado de la sala de oración de la Selimiye.

¿Sinán y Selím II adoptaron otra precaución de orden simbólico o apotropaico? Cabría preguntarse en efecto, porque esta mezquita, cuya cúpula iba a igualar por fin a la de Santa Sofía, se realizó en Edirne; y por qué en paralelo con la construcción de la Selimiye, Selim II decidió emprender importantes restauraciones en Santa Sofía, encargando por supuesto a Sinán esa tarea. Esta decisión coincide, curiosamente, con la finalización de la cúpula de la Selimiye, cuyos trabajos comenzaron en agosto de 1572 y terminaron un año más tarde, hacia el 20 de agosto de 1573, con la fase final de cerramiento del casquete, la más delicada. Ahora bien, la decisión de consolidar Santa Sofía data de junio de 1573. Por último, Selím II falleció en diciembre de 1574, fue enterrado en un mausoleo detrás de Santa Sofía.

De cualquier manera era sabida la admiración que el sultán Selím profesaba por la ciudad de Edirne.

La Selimiye era la primera gran mezquita de los sultanes que los viajeros desde Europa y los Balcanes encontraban en su camino a Estambul, y la última en su camino de vuelta.

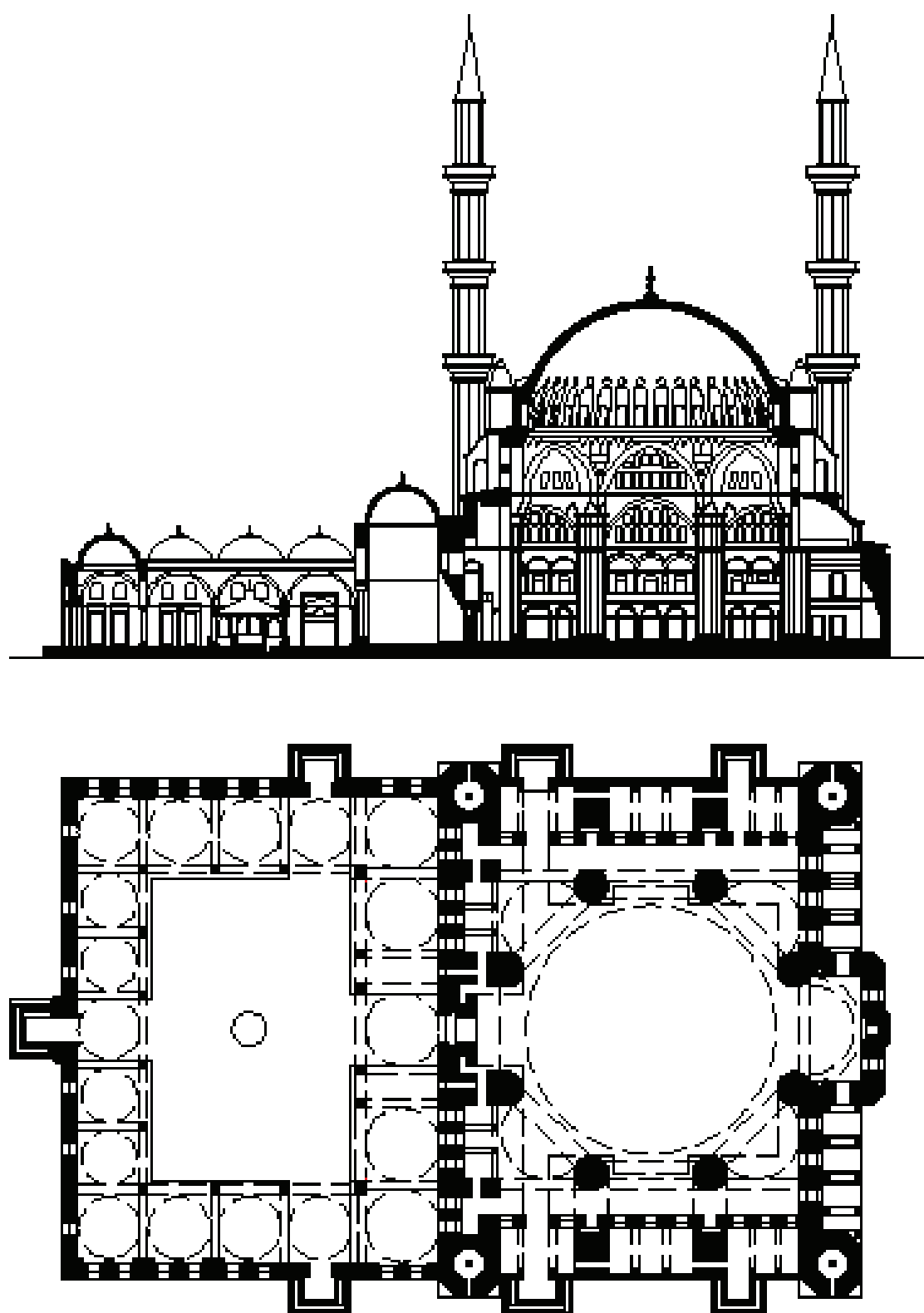


Fig.4. Planta y sección longitudinal de la Selimiye. (Dibujo del autor).

Situada en una pequeña colina en el centro de Edirne el complejo está constituido por la mezquita, una madrasa para estudios elementales, otra para estudios superiores y un colegio. Con la cúpula y los cuatro minaretes la mezquita se podía avistar desde la lejanía y se constituyó en un símbolo de la ciudad. Su monumental cúpula y sus cuatro magníficos alminares la han convertido en una de las obras más significativas del arte otomano. La adición de un prominente mihrab y los contrafuertes y pequeñas torres que flanquean el octógono suman una perspectiva extra al edificio.

La cúpula de la Selimiye cubre aproximadamente el 30% de la superficie del suelo (2000 m²). En la Sehzade y en la Suleimaniye este ratio es de un 17%. Los pesados soportes de la cúpula, los arcos y los contrafuertes están perfectamente ligados, estando estos integrados en el espacio interior y decreciendo con la altura hasta soportar las torretas octogonales macizas que sirven para verticalizar las cargas diagonales de la cúpula, algo ya experimentado en la Sehzade y la Selimiye. La estructura piramidal del conjunto es análoga a la de las dos obras anteriores de Sinán. En este caso los minaretes de tres balcones alcanzan una altura de 71 metros hasta su coronación, y su proporción respecto el cuerpo principal de la mezquita es realmente acertado.



Fig.5. Vista aérea de la Selimiye desde el sudeste. Al fondo la Uç Serefeli.

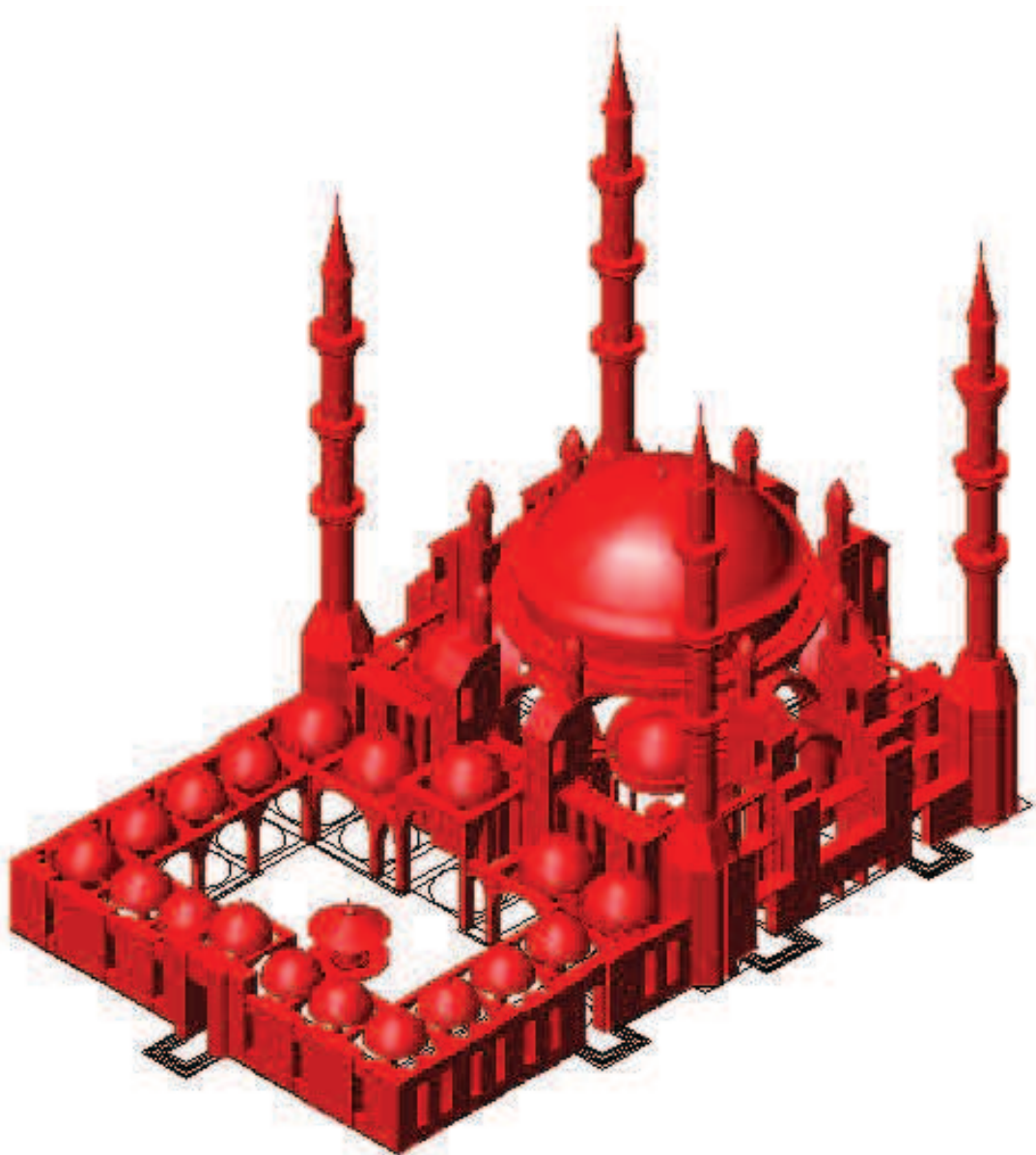


Fig.6. Esquema estructural y volumétrico de la Selimiye. (Construcción 3D del autor).

La mezquita de Selimiye representa el culmen de los conocimientos arquitectónicos de Sinán. Se trata también de un monumento que estimuló la visión creativa del arquitecto otomano. Lo importante para Sinán no fue nunca el hecho de ser capaz de construir una cúpula mayor y más elevada que la de Santa Sofía. Su intento era el de conducir la arquitectura otomana hacia una conclusión lógica por medio de la inspiración aportada por Santa Sofía. La Selimiye debió ser un orgullo para Sinán, no tanto por el hecho de que su cúpula igualara las dimensiones de la iglesia bizantina, sino porque, por medio de ella había conseguido una expresión totalmente sorprendente y llena de significado de la integridad espacial y la cohesión estructural. Sin ningún

género de duda constituyó el clímax de su carrera arquitectónica. Durante años ha aprobado el examen de constituir la quintaesencia del arte otomano.

Como la mezquita de Sehzade Mehmet, la Selimiye consiste en dos unidades sucesivas de dimensiones similares, una abierta y otra cerrada, con la diferencia que en este caso las dos unidades no son de planta cuadrada, sino con rectángulos dispuestos lateralmente de 60 metros de anchura por 40 metros de longitud.

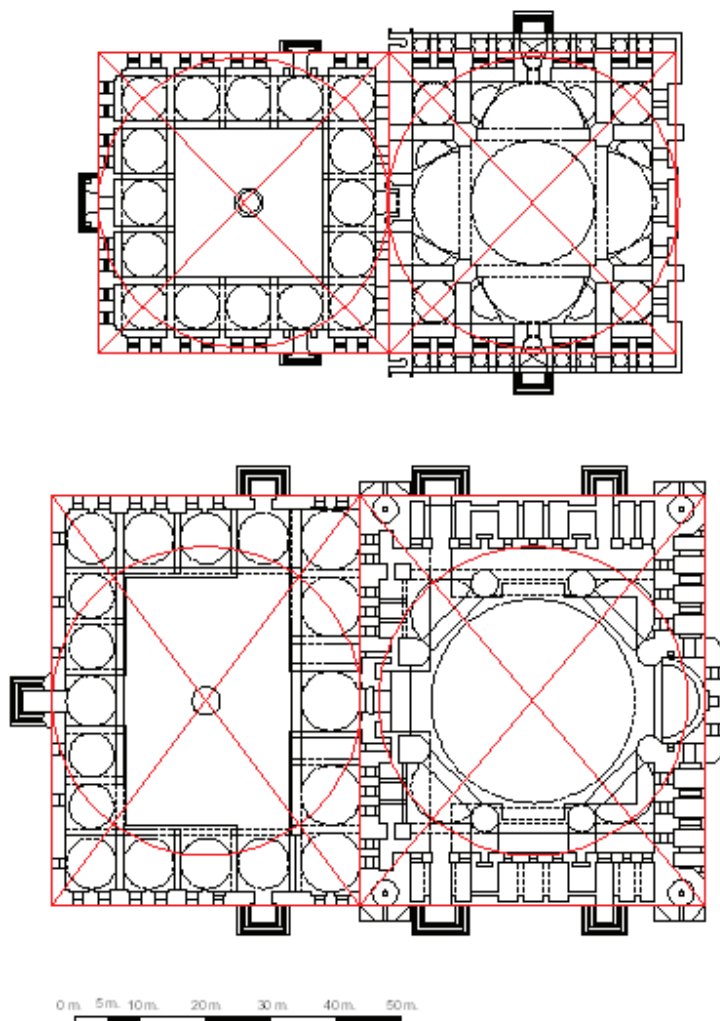


Fig.7. Combinación cuadrado-cuadrado en la Sehzade y rectángulo-rectángulo en la Selimiye. (Dibujo del autor).

La cúpula de la Selimiye de unos 31.32 metros de diámetro se sitúa sobre ocho pilares. A diferencia de los de la Sehzade Mehmet y de los de la Suleimaniye, se trata de pilares poligonales de 12 lados, que están enlazados por arcos. Dos de ellos, a ambos lados del mihrab, se unen a los muros y configuran la base de la semicúpula que antecede a dicho mihrab; los otros soportan las bóvedas

de cañón perimetrales, y en las diagonales aparecen semicúpulas. Detrás de los ocho arcos principales existen muros con dos filas de ventanas en cuatro laterales y medias cúpulas que hacen de trompas con filas sencillas de ventanas en los ángulos. En la zona superior de la base circular, creada mediante estructuras triangulares sobre ocho arcos, se sitúa la cúpula ceñida por un grueso tambor y contrafuertes de arcos dobles que ejercen presión contra las torres que lo rodean. Más hacia abajo, otra fila de contrafuertes arqueados ayuda a distribuir la carga de los muros externos de la mezquita y los pilares sobre los cuales se han establecido las torres.

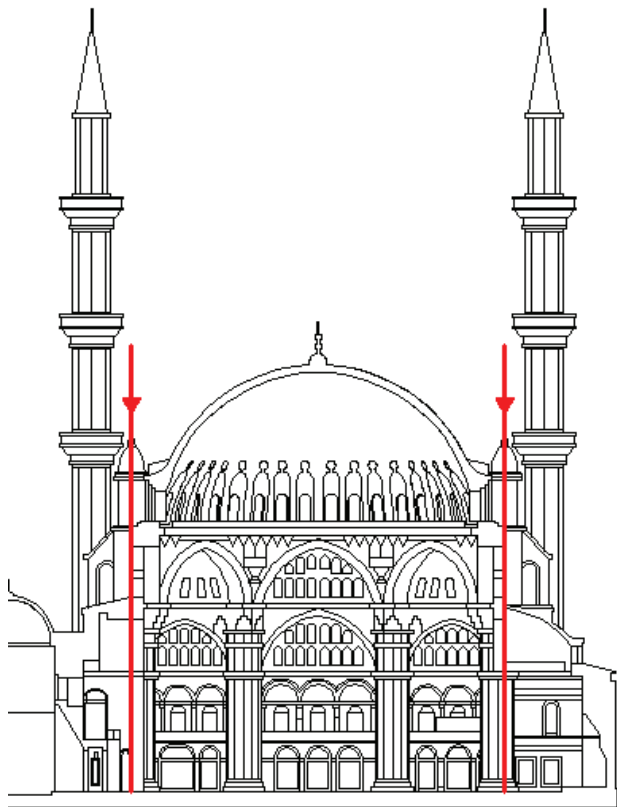


Fig.8. Continuidad soportes-torres. Selimiye. (Dibujo del autor).

Las torres constituyen las ocho esquinas de la cúpula. Y, entre las conchas-trompas, un par de contrafuertes arqueados refuerzan a los ocho pilares. Las cuatro esquinas de la estructura externa rectangular en la que se inscribe la superestructura central están aseguradas mediante los cuatro alminares.

Los alminares de la Selimiye, situados en las cercanías de la cúpula central incrementan visualmente la altura de la mezquita. En la ilusión de esta ilusión óptica, las estrechas y altas ventanas del tambor y las cúpulas apuntadas de las torres también juegan su papel. Pero lo que es esencial al respecto se refiere a los alminares mismos que parecen más ligeros y elevados de lo que

son en realidad debido a los adornos verticales que dan sensación de linealidad a sus cubiertas.

Divididas en tres secciones mediante contrafuertes, las galerías laterales de la Selimiye están diseñadas de modo algo distinto a las de Sehzade Mehmet y las de la Suleimaniye.

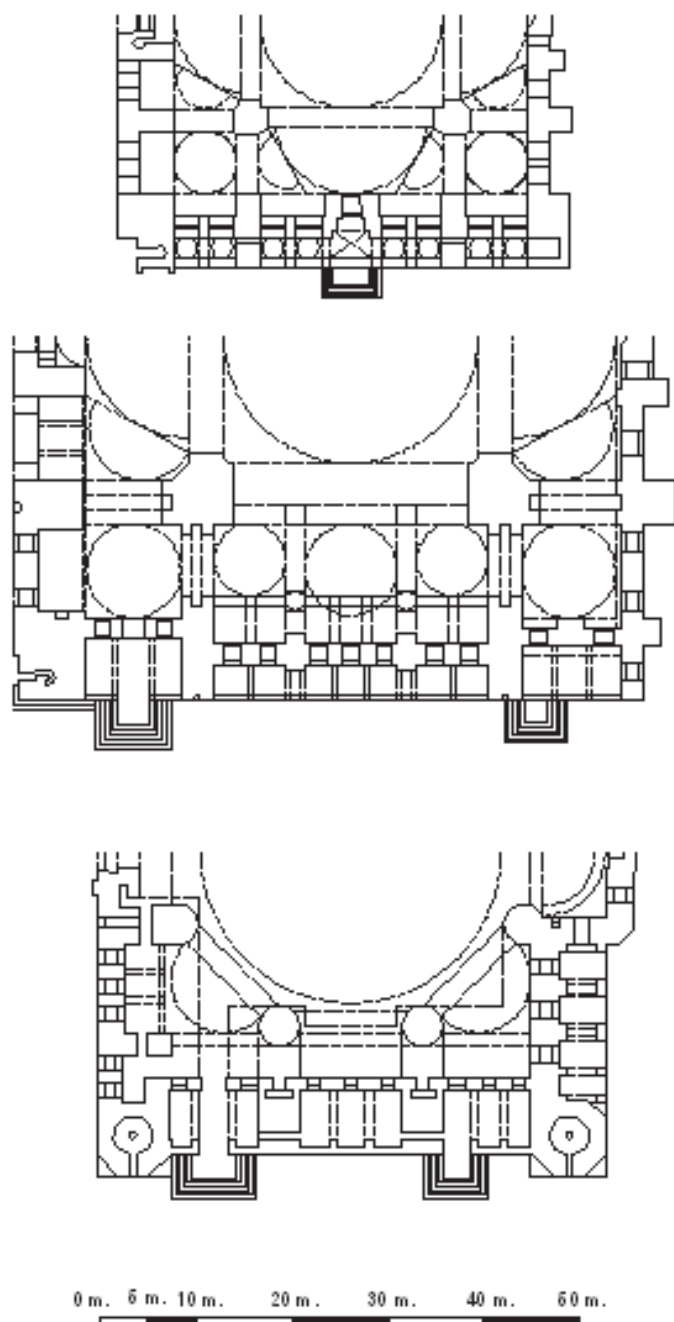


Fig.9. Comparativa naves laterales de las mezquitas de Sehzade Mehmet, Suleimaniye y Selimiye. (Dibujo del autor).

Las galerías laterales de Sehzade Mehmet tienen poco o nada que ver con el interior de la mezquita; son elementos externos pensados con el fin de dar una escala a la masa monumental. En la Suleimaniye, están vinculadas con la arquitectura interna de la mezquita, pero la armonía visual entre las galerías con aleros de dos plantas y el edificio principal aún no se ha realizado totalmente. Este problema se resolvió en la Selimiye en donde las galerías externas se convirtieron en extensiones de las internas, y, con la ayuda de los contrafuertes cuyas caras están ornamentadas mediante decorativos nichos abajo y ventanas arriba, se consigue una expresión bien armonizada.

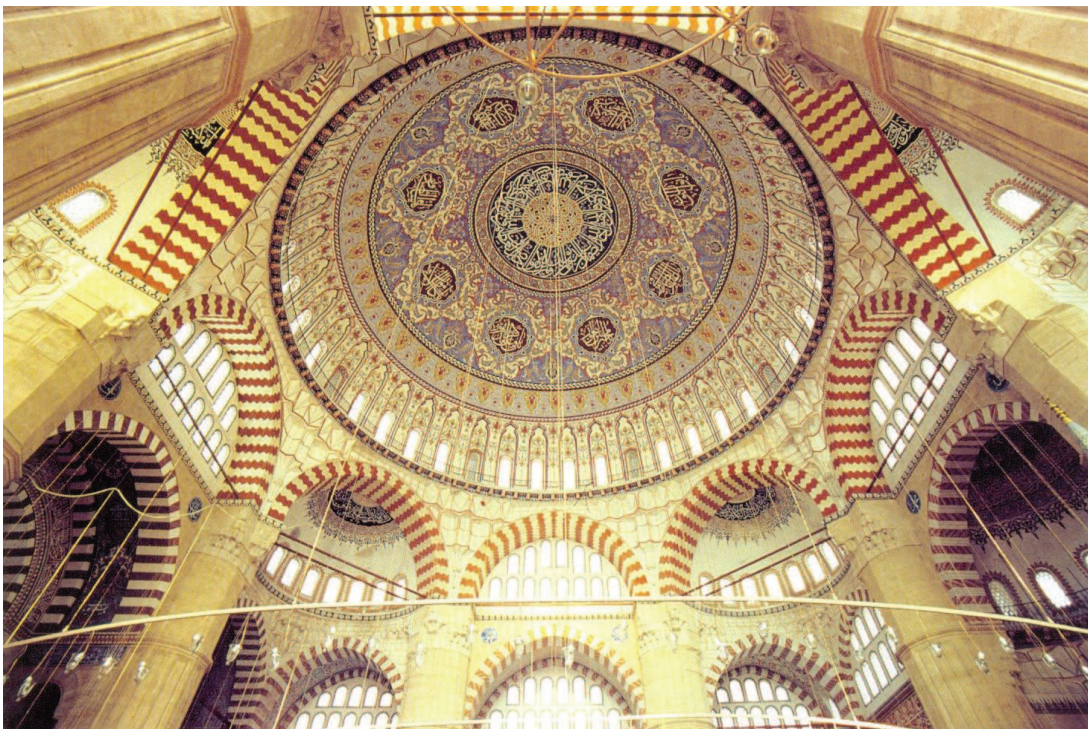


Fig.10. Vista de la superestructura de la cúpula. Selimiye.

Como Aslanapa (2) señala correctamente, la Selimiye de Edirne es una mezquita “que combina todas las innovaciones introducidas en aquella época por el propio Sinán y por la arquitectura turca en su conjunto”. Su cúpula monumental sobre la base octogonal constituye el apogeo de la arquitectura cupulada, representando la articulación del espacio interior y la forma externa.

(2) . Otkay Aslanapa. Turkish Art and Architecture. London 1971. P.223 (Bibliog. nº 7)

Nacido en Kütahya (Turquía) el 17 de diciembre 1914. Estudió en la “escuela de niños” de Bursa y en 1938 se graduó en la Universidad de Estambul. En 1960 publicó los resultados de excavaciones en el arte turco. Además de las cuestiones arquitectónicas, sobre todo en lo que respecta a los azulejos de cerámica de Iznik y las excavaciones realizadas en la obra de Kalehisar. Es miembro del Instituto Arqueológico Alemán , y del Turkish Culture Research Institute.

En la Selimiye ocurre como si la cúpula hubiese perdido la solidez de la albañilería para convertirse en una cubierta ligera. La de Sehzade Mehmet crea en el observador la impresión de un movimiento visual que fluye desde el centro de la cúpula hasta sus cimientos. Mirando hacia la Selimiye se tiene la sensación de un movimiento que se eleva desde la tierra hacia arriba. Esta sensación se produce principalmente mediante las ocho torres con las cúpulas apuntadas y los cuatro elevados alminares. Un factor tan importante como la acentuación del sentido visual de la verticalidad es la secuencia rítmica de espacios ocupados y espacios vacíos. Esto moldea el interior, creando una sensación de ligereza que desafía a la gravedad. También es significativo el control de la luz que alivia aún más la pesadez de la estructura de albañilería.

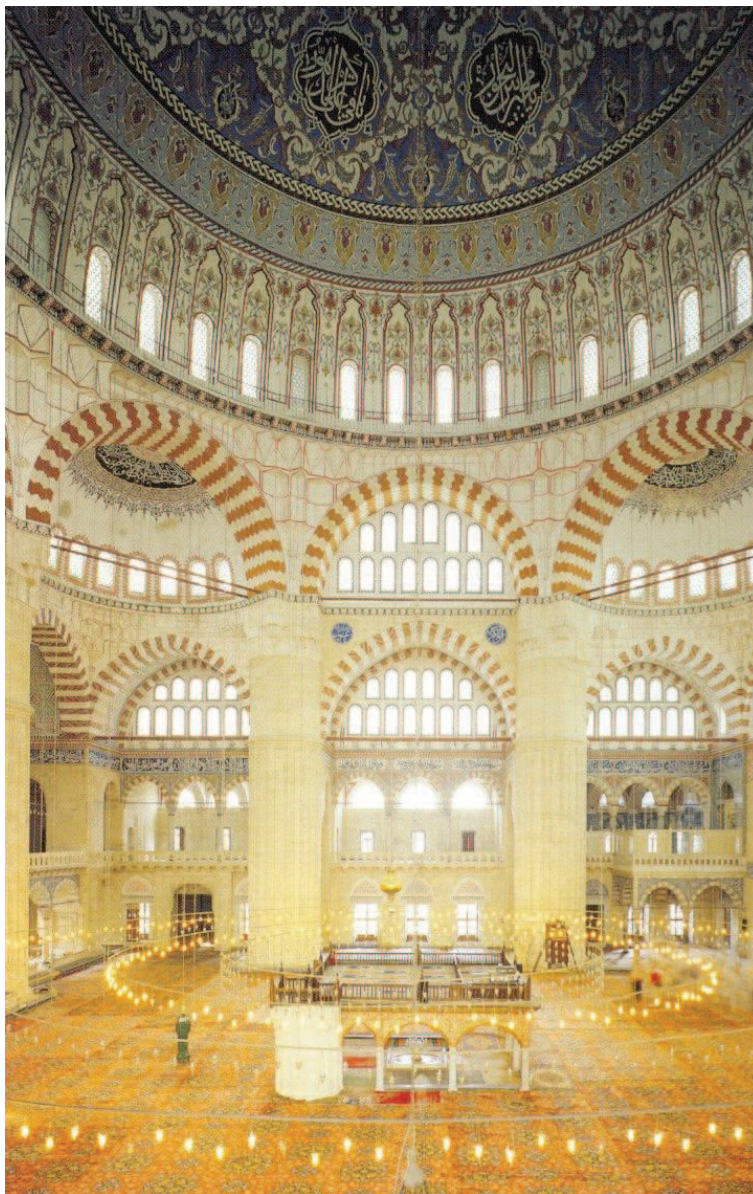


Fig.11. Vista interior de la Selimiye.

A diferencia de la Sehzade Mehmet con una apertura angular de la cúpula de 140° y la Suleimaniye de 134° , Sinán en la Selimiye desarrolla una cúpula con una apertura angular de 130° , siendo el peralte de 0.312, prácticamente igual al de Santa Sofía que está entre 0.290 y 0.310.

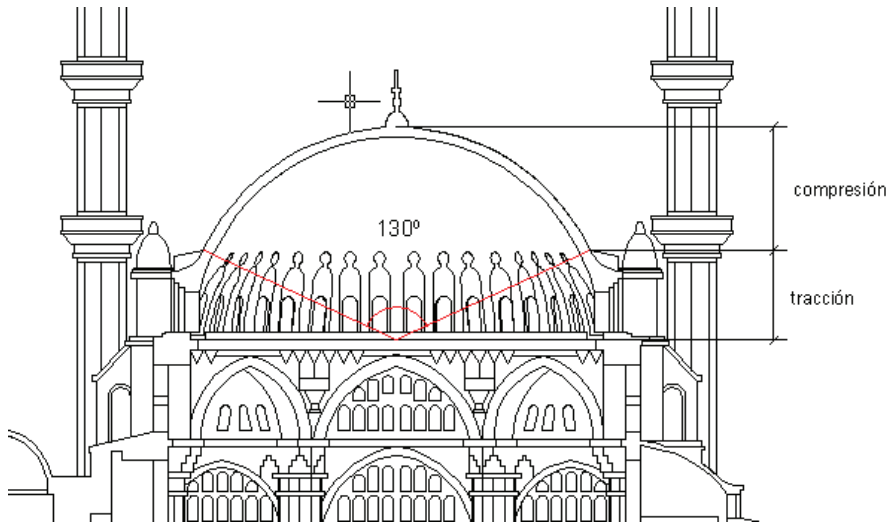


Fig.12. Apertura angular de la cúpula de la Selimiye y zona de compresión-tracción. (Dibujo del autor).

En la figura 12 se aprecia como la zona traccionada de la cúpula está contrarrestada por los pequeños contrafuertes que zunchan el tambor sutilmente y sin sensación de pesadez. El concepto es el que ya había utilizado Sinán de realizar un pequeño tambor en la curvatura de la propia cúpula al exterior, intercalando vano y macizo en una interesante secuencia rítmica. Pero esto no era nuevo, ya estaba presente en Santa Sofía.

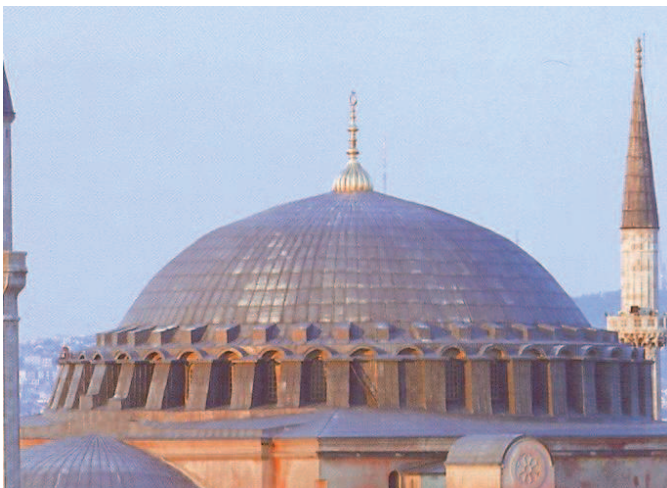


Fig.13. Santa Sofía. Cúpula.



Fig.14. Detalle cúpula-tambor-torres de la Sehzade Mehmet.



Fig.15. Detalle cúpula-tambor-torres de la Suleimaniye.



Fig.16. Detalle cúpula-tambor-torres de la Selimiye.

Como se ha visto en las figuras anteriores se trataba del mismo concepto resuelto con distinto lenguaje. También aparece de manera más que evidente la influencia, al menos formal, que la iglesia de Santa Sofía ejerció en el gran Sinán.

Otro elemento a tener en cuenta en la Selimiye, quizá por más novedoso y expícito son los contrafuertes que esta vez aparecen al exterior de los muros de la mezquita. Son contrafuertes que suben prácticamente hasta la línea de arranque de la cúpula.

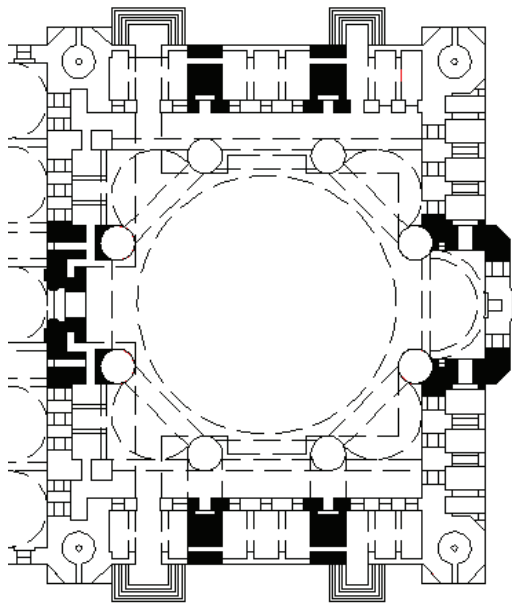


Fig.17. Disposición de los contrafuertes en la planta de la sala de oración de la Selimiye. (Dibujo del autor).

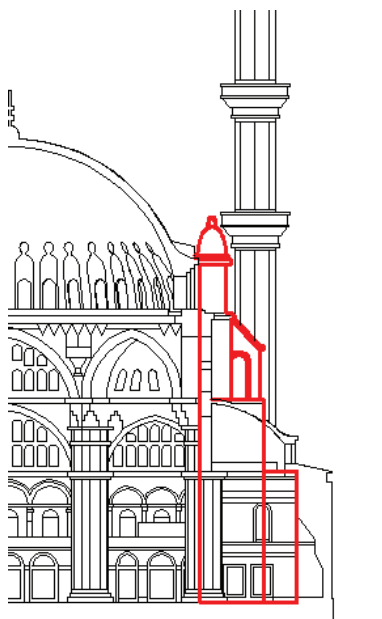


Fig.18. Contrafuerte Selimiye. (Dibujo del autor).

Este tipo de contrafuerte que presenta Sinán en esta mezquita no aparece oculto como en las anteriores dos mezquitas de los sultanes. En el esquema de planta de la Selimiye se aprecia la simetría biaxial como en la Sehzade. Pero las dimensiones de esta (una cúpula de unos 17 metros de diámetro) no necesitan de este tipo de contrafuertes tan contundentes, de hecho se encuentran al interior de la planta. Sin embargo en la Suleimaniye al presentar sólo simetría axial y tener una cúpula de unos 27 metros de diámetro ya necesita contrafuertes más significativos en la dirección de los arcos torales, caso similar al de Santa Sofía que como ya ha sido comentado se antojan desmesurados.



Fig.19. Detalle de los contrafuertes de la Selimiye. (Construcción 3D del autor).

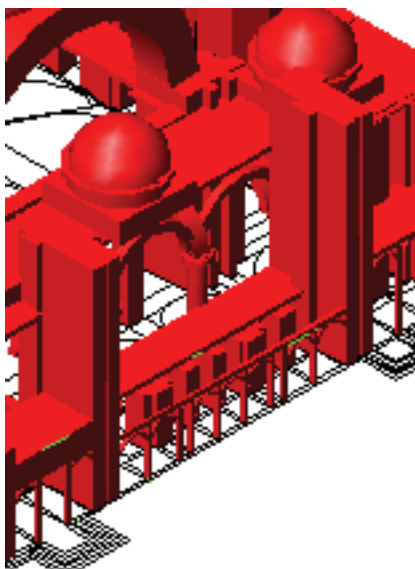


Fig.19. Detalle de los contrafuertes de la Suleimaniye. (Construcción 3D del autor).

En lo referente al tema del sistema de atirantamiento que ya se observó en las dos mezquitas anteriormente estudiadas de Sinán aportar que también aparecen en la Selimiye. Aparecen tirantes de hierro que consolidan el octógono a la altura del capitel de los ocho soportes de la cúpula. Este sistema refuerza, aun más el zunchado perimetral de la base de la cúpula principal. Se ve un completo sistema para contrarrestar los efectos del empuje en la base de la gran cúpula. Sinán tenía claras las consecuencias de este empuje así como conocía y manejó con maestría los elementos para contrarrestar los esfuerzos de tracción de la cúpula. Posiblemente su conocimiento de los problemas de la cúpula de Santa Sofía le ayudaron a la solución de la Selimiye.

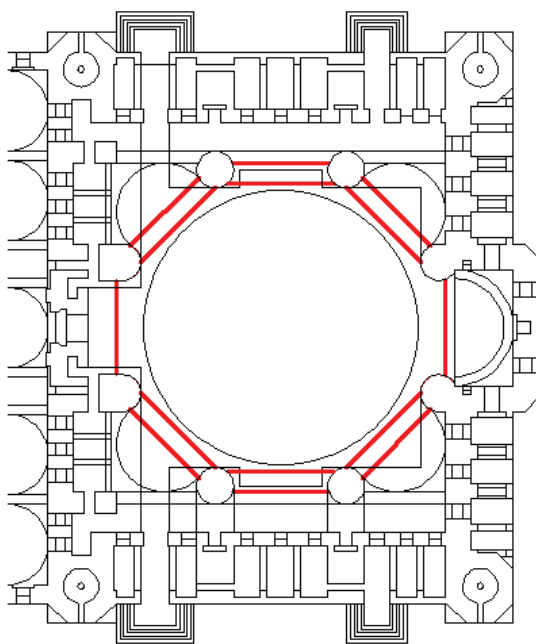


Fig.20. Tirantes (en color rojo) en la base de la cúpula de la Selimiye. (Dibujo del autor).

Sinán resuelve con maestría y absoluta racionalidad el tema del comportamiento mecánico de una gran cúpula en una planta centralizada. En efecto ya se ha reiterado con profusión la adecuación de un sistema de contrarresto en función de los empujes de una cúpula. El estado ideal sería un sistema de acorde al tipo de solicitaciones al que está requerido.

Este tipo de cúpulas funciona mejor con un sistema acorde a sus empujes, esto es, un sistema de contrarresto con elementos diferentes en dos de sus ejes ortogonales siempre va a acarrear algún tipo de problema, soslayable o no. El sistema de la Sehzade es equilibrado, no así el de la Suleimaniye, que contrapone arcos torales en una dirección y semicúpulas en la otra. La Selimiye opone a los empujes de la cúpula un sistema más armónico y más racional. Soportes formando un octógono, ocho contrafuertes con sus correspondientes

torres de verticalización de cargas y un sistema de atirantamiento en la base. Si excluimos la quintaesencia del sistema de contrarresto de cúpula semiesférica que es el Panteón, esta solución de la Selimiye se antoja verdaderamente acertada.

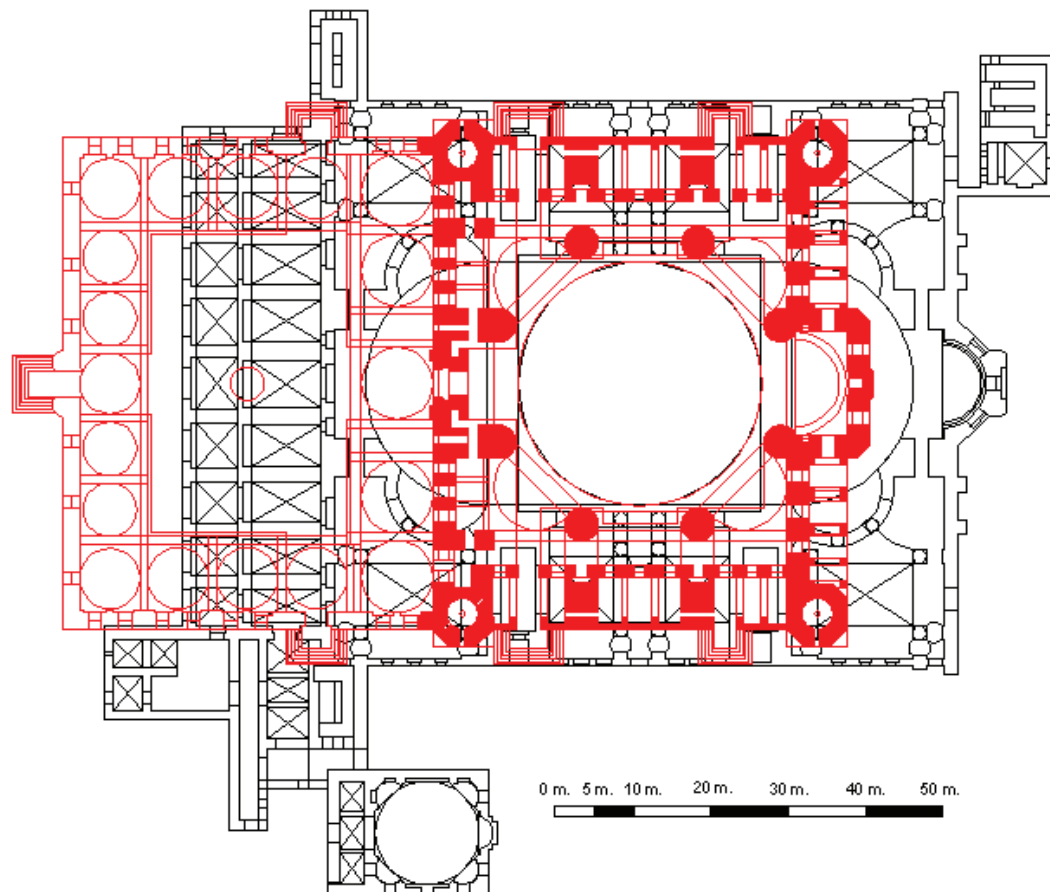


Fig.21. Comparativa a la misma escala de las plantas de Santa Sofía (negro) y la Selimiye (rojo). Se observa que la cúpula central es prácticamente similar. (Dibujo del autor).

En la figura anterior se aprecia la relación entre la cúpula de santa Sofía y la que plantea Sinán en la Selimiye. La cúpula de la mezquita es algo mayor, eso sí, pero en ningún caso es una cuestión de los metros que esgrimía el arquitecto otomano en sus escritos. También es cierto que es mayor que la de la iglesia cristiana pero ese logro tardó más de diez siglos en conseguirse. Quizá el carácter simbólico del hecho supere al indudable logro técnico del gran Sinán. Ya había en tierras del islam un monumento que rivalizase con el culmen de la arquitectura bizantina, ya había una mezquita que había superado la grandeza de su cúpula.

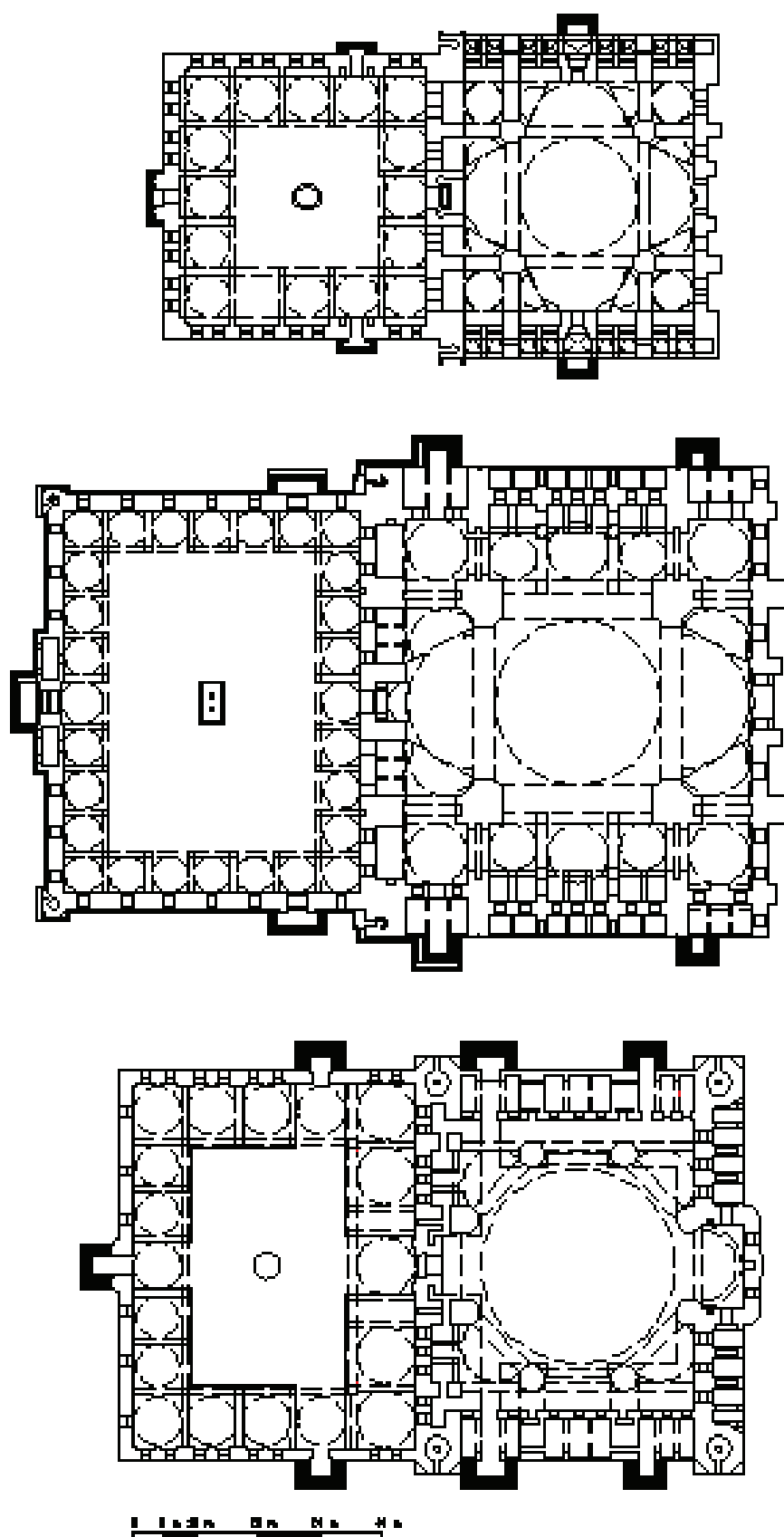


Fig.22. Comparativa a la misma escala de las plantas de Sehzade Mehmet, Suleimaniye y Selimiye. (Dibujo del autor).

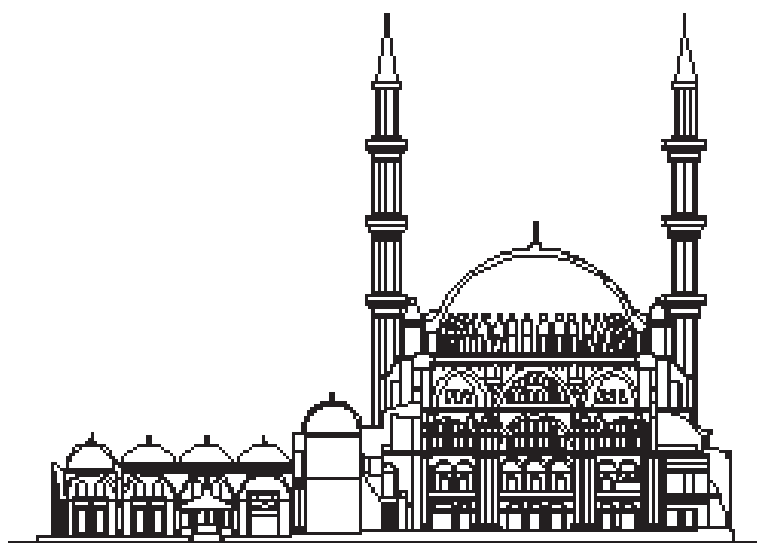
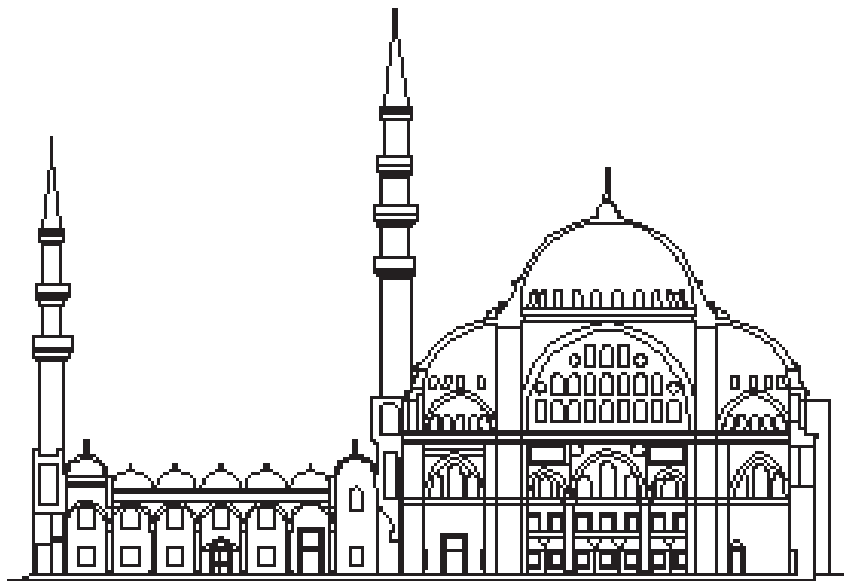
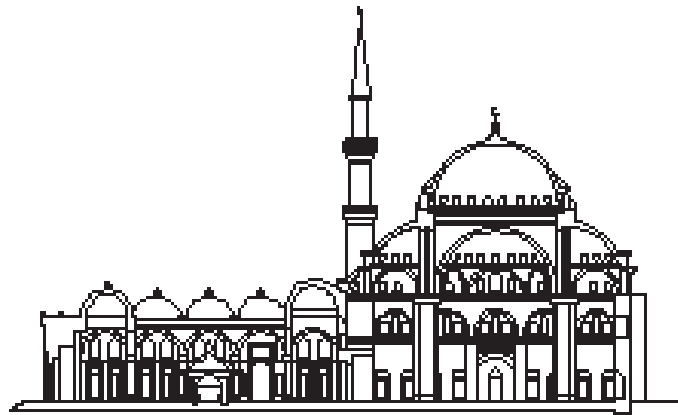


Fig.23. Comparativa a la misma escala de las secciones de Şehzade Mehmet, Süleymaniye y Selimiye. (Dibujo del autor).



Fig.24. Sección longitudinal de la Selimiye. (Construcción 3D del autor).

En la figura anterior se observa como la cúpula se encuentra soportada en un sistema de arcos que forman el octógono principal de la posición de los soportes. Estos arcos esta, a su vez recintados por un anillo de tirantes. Se aprecia también la función de los contrafuertes rematados por las torres macizas. Este sistema de “base poligonal” recintado con arcos debió observarlo y estudiarlo Sinán en la Uç Serefeli, también levantada en Edirne y a escasos cientos de metros de la Selimiye. La cúpula de la Uç Serefeli estaba levantada sobre un Hexágono de soportes y arcos ligeramente apuntados que sostenían, ya a mitad del siglo XV, poco más de un siglo antes que la conclusión de la Selimiye, una nada despreciable cúpula de 24.10 metros de diámetro.

Como se puede apreciar Sinán tenía, aparte de su gran genio e intuición, multitud de ejemplos que podían servirle de objeto de análisis y observación. Soluciones contrastadas y que, efectivamente funcionaban. La propia Santa Sofía en la que trabajó como restaurador, amén de las mezquitas de los primeros tiempos del Imperio Otomano, como es la Uç Serefeli.

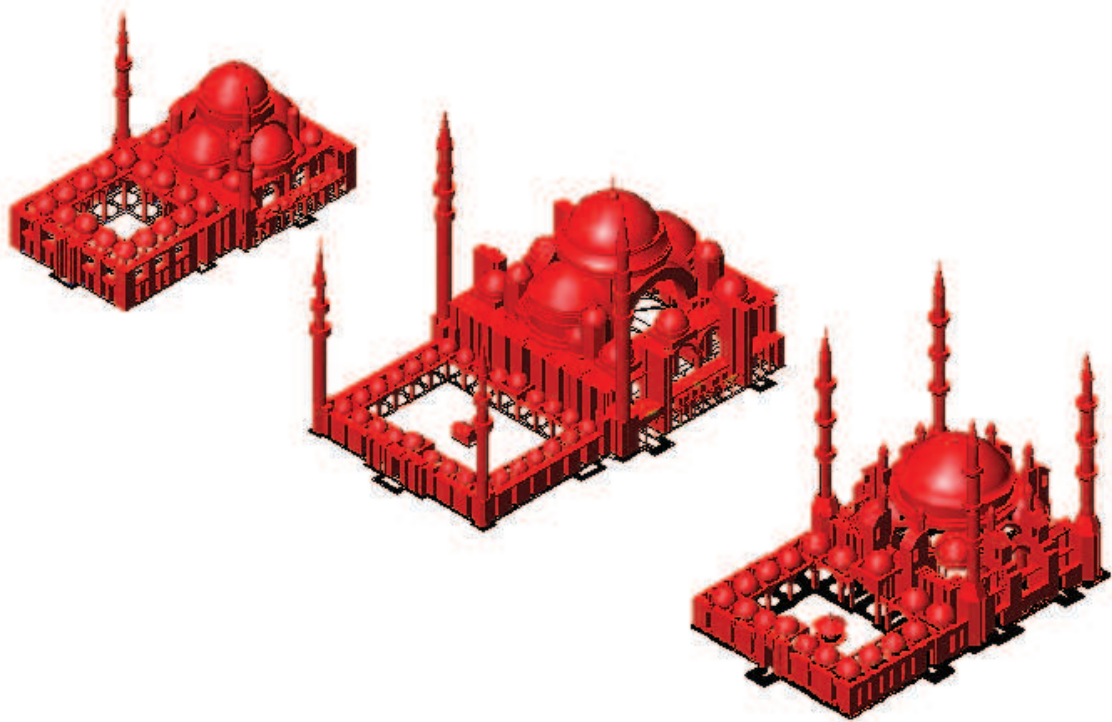


Fig.25. Comparativa volumétrica a la misma escala de la Sehzade Mehmet, la Suleimaniye y la Selimiye. (Construcción 3D del autor).

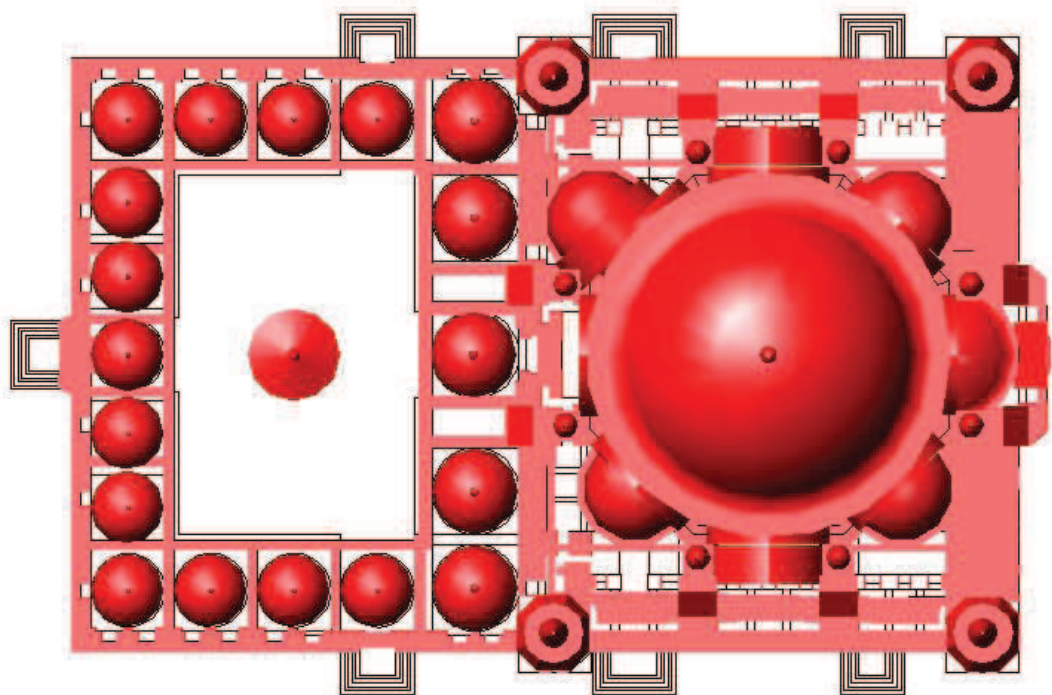


Fig.26. Volumetría en vista superior de la Suleimaniye.(Construcción 3D del autor).

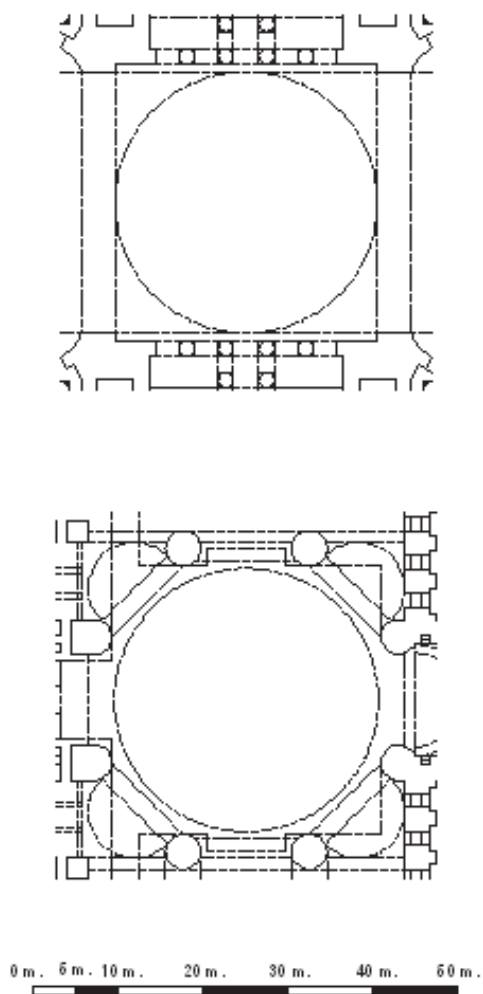


Fig.27. Comparativa a la misma escala de las cúpulas de Santa Sofía y Selimiye. (Dibujo del autor).

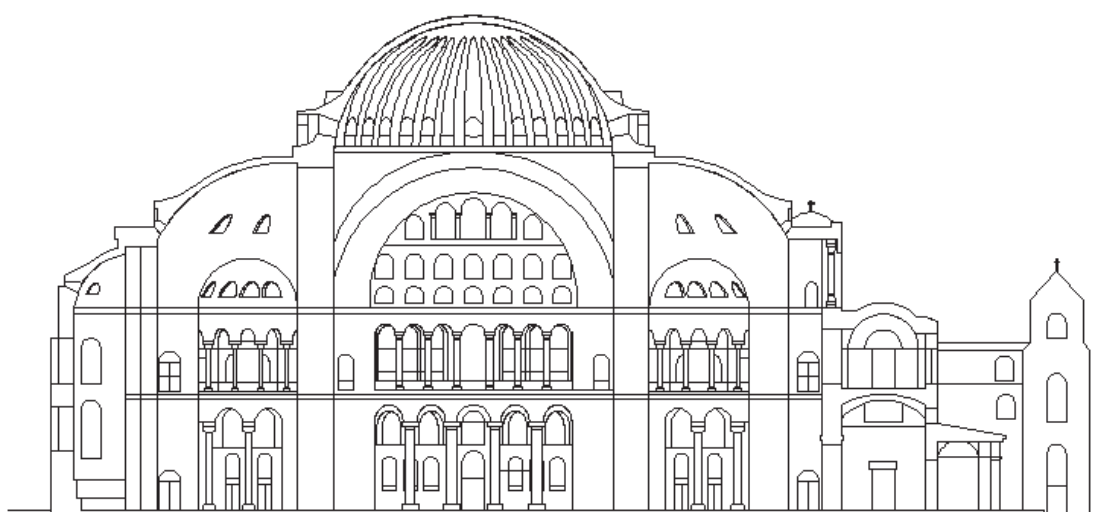


Fig.28. Sección longitudinal de Santa Sofía. (Dibujo del autor).

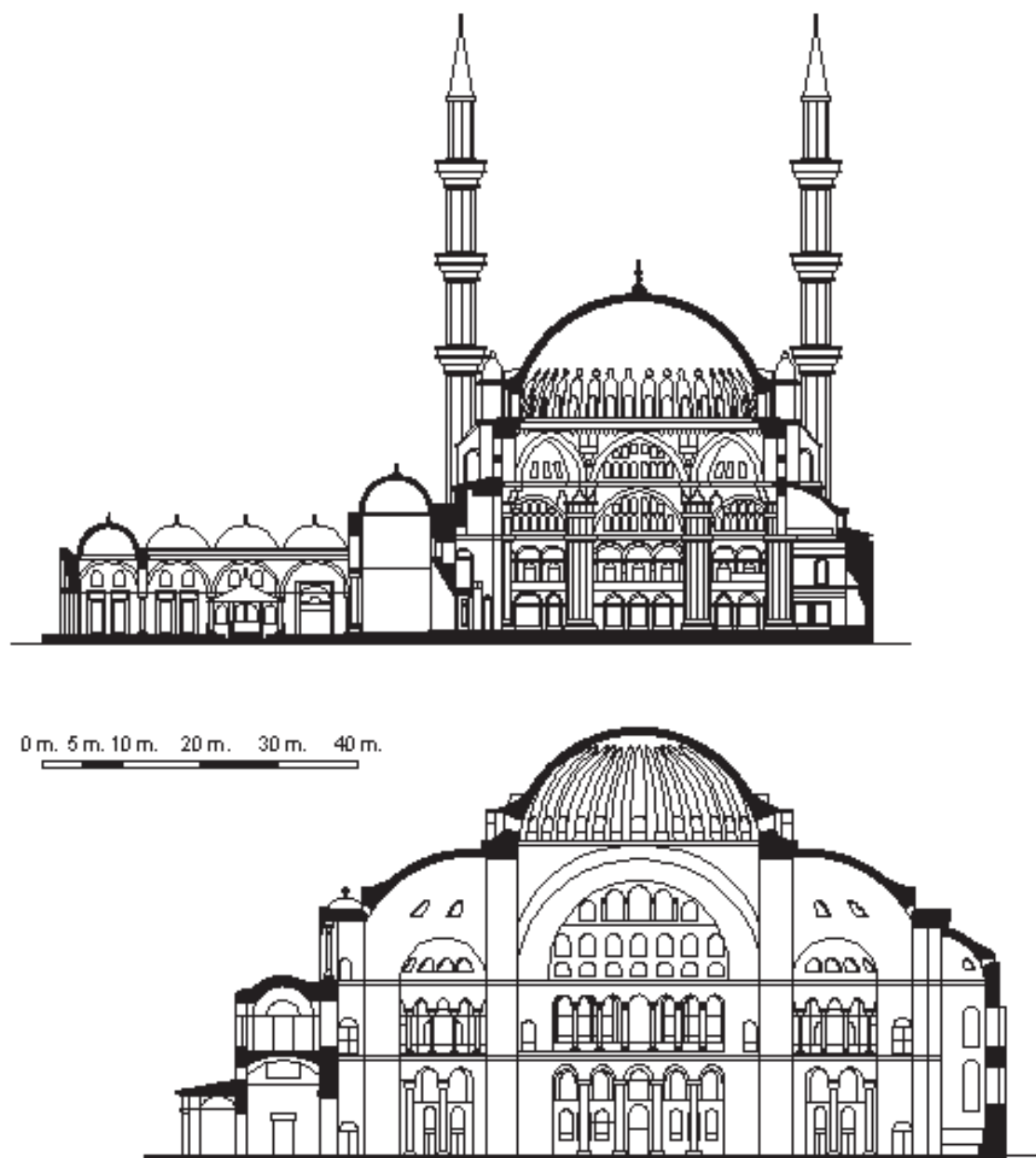


Fig.29. Sección longitudinal comparativa de la Selimiye (arriba) y de Santa Sofía (abajo). (Dibujo del autor).

Aunque en la figura anterior se aprecia en Santa Sofía y la Selimiye que las cúpulas son prácticamente iguales en diámetro, si se aprecia que el peralte es distinto. La forma de Santa Sofía es más contundente más pesada, más maciza. La Selimiye es más estilizada, más vertical, más dinámica y los dos minaretes que se aprecian en la sección contribuyen a ello.

Sinán consiguió, al fin, superar a la cúpula de Santa Sofía...

13. DESPUÉS DE SINÁN...

Ya se ha hablado, en capítulos anteriores, de la prolífica obra del sin par Mimar Sinán; complejos para sultanes, para príncipes, reinas, visires, mausoleos, madrasas, hospicios y comercios, escuelas elementales y hospitales... y así hasta las 477 obras catalogadas que presenta este arquitecto; “El Miguel Ángel Otomano”. Se ha visto su relación con el Renacimiento italiano y como no, su relación con la iglesia de Santa Sofía que llevaba desde el año 537 esperando pacientemente el paso de los siglos y, entre consolidaciones, reconstrucciones, añadidos y cambios de uso llegó a ser la inspiración de una época arquitectónica fundamental en el arte otomano: la época de su arquitectura clásica, la época del arquitecto real de los sultanes, la época de Sinán.



Fig. 1. Sello real de Mimar Sinán, 1558. (Gürlü Necipoglu).

Los historiadores de arte han escrito mucho sobre la influencia de Santa Sofía en las mezquitas clásicas otomanas, mientras que otra contemporánea suya, como es la iglesia de los santos Sergio y Baco, ha recibido menos atención que la que se merece, si bien el edificio más pequeño obviamente era otra estructura que desafiaba a Sinán. Éste produjo numerosas variaciones sobre el tema de los santos Sergio y Baco. En esta obra los pilares son parte del espacio central, pero los muros pertenecen al deambulatorio. En la Selimiye, por otro lado es imposible separar los muros externos del espacio central definido por el baldaquino octogonal. Es algo diferente de la situación bizantina. En el siglo VI, la teoría arquitectónica bizantina se había desarrollado más allá de la experiencia tecnológica de la época. Diez siglos más tarde, el arquitecto otomano no tenía problema. Como observaba correctamente Dogan Kuban, el asunto principal con que se enfrenta el arquitecto otomano durante el período

clásico no era tanto el de resolver problemas estructurales como el encontrar soluciones arquitectónicas elegantes. (1).

Al hablar de la Selimiye como un símbolo, Kuban dice: “El simbolismo de la Selimiye se extiende a niveles diferentes: su concepción arquitectónica simboliza el racionalismo al que se llega en la cultura no occidental del oriente próximo. Sigue siendo oriental porque, a pesar de su manipulación estructural magistral, la Selimiye permanece en deuda con el esquema primitivo de la primera cúpula sasánida con trompas. Es un símbolo de la afinidad espiritual entre los otomanos y los estilos más tempranos de las culturas perso-turcas. En este contexto, es opinión del propio autor que reminiscencias del mausoleo de Uljaitu(2) de Sultaniya (Azerbaijan 1313), pueden detectarse bien en la Selimiye.



Fig. 2. Mausoleo de Uljaitu. Sultaniya (Azerbaijan)

Por otro lado, la configuración simétrica determinada tan claramente por los cuatro alminares y por la ascendencia de la cúpula central no lejos del esquema de la composición de Leonardo es su reconocimiento del espíritu clásico mediterráneo. Por consiguiente, puede tomarse como un símbolo del sustrato de la cultura otomana del siglo XVI, que inconscientemente participó en el desarrollo de la cultura occidental”.

(1). Dogan Kuban, “Selimiye at Edirne: Its Genesis and an Evaluation of its Style”, en IVème Congrès International d’Art Turk (Aix-en Provence, 10-15 September 1971), 1976, p. 107. (Bibliog. nº 69)

(2). El mausoleo de Uljayu o también llamado de Oljeitu es un edificio que data de principios del siglo XIV, de planta octogonal, cúpula apuntada de ladrillo, doble piel unida con nervios y gran dimensión; 54 metros de altura en la coronación, 24 metros de diámetro y apuntamiento en quinto agudo (igual que el planteamiento de Brunelleschi para su cúpula de Florencia).

Kuban no está solo al referirse a la afinidad entre la arquitectura otomana y la del Renacimiento italiano. Kühnel (3) vinculó a Sinán con el artista renacentista cuando escribió, “Sinán era un artista de un genio tan sobresaliente que, como los hombres destacados del Renacimiento italiano, dejó la impronta de su personalidad en una época entera”. Diez y Aslanapa (4), también, establecieron paralelismos entre la arquitectura renacentista y la otomana; por un lado entre Sinán y Miguel Ángel, por otro cuando aseguraron que: “Sinán, un contemporáneo de Miguel Ángel vivió un cuarto de siglo más que él. Al construir el primer edificio monumental tras Santa Sofía, Mehmet “El Conquistador” había comenzado en el siglo XV un renacimiento de la arquitectura clásica simultáneamente al de Roma. En el siglo XVI, arquitectos romanos como Bramante, Peruzzi y Sangallo estaban alzando la nueva catedral de San Pedro planificada centralmente. Miguel Ángel también trabajo en este proyecto, mientras que Sinán en Estambul y en Edirne diseñó sus esquemas y los llevó a cabo en las mezquitas de los sultanes”.

Algo con un paralelismo cercano menciona Goodwin (5): “...con la Suleimaniye Sinán establece como una personalidad emergente del anonimato de la Edad Media. Es imposible saber cuánto sabía del Renacimiento italiano y de sus ideales, pero la Suleimaniye ha asimilado tantos aspectos de la arquitectura renacentista que parece ser más que un desarrollo paralelo. El elegante patio del imaret (conjunto de edificios) es significativo para cualquiera que haya crecido según las tradiciones de la Florencia del siglo XV; menos obvia es la relación de la misma gran mezquita con las ideas de Alberti”.

Según Goodwin, Alberti aprendió de Vitrubio y Sinán aprendió directamente de Santa Sofía. De *Re Aedificatoria* de Alberti se basaba en la *Arquitectura* de Vitrubio; Alberti, efectivamente, aprendió la teoría y las reglas de la arquitectura greco-romana de Vitrubio. Sinán basó su teoría y reglas de la arquitectura clásica otomana en ciento cincuenta años de práctica constructiva y complementó este conocimiento mediante la experiencia bizantina que había a su alrededor. El trabajo de Alberti está impregnado del academicismo del Renacimiento italiano; la aproximación de Sinán representa el pragmatismo otomano.

Más aún, Alberti no era el arquitecto principal del Renacimiento temprano (éste era Brunelleschi), sino más bien su teórico. Realizó pocos edificios que mostrasen sus ideas. Por esta razón sería equivocado situarlo en la misma categoría que un gran y creativo constructor como Sinán.

(3). Ernst Kühnel. *Islamic Art and Architecture* (London 1966).pp.171-172. (Bibliog. nº 70)

(4). E. Diez/ O. Aslanapa. *Türk Sanat*. Istanbul, 1955).pp.150-151(Bibliog. nº 31)

(5). E. Godfrey Goodwin. *A History of Ottoman Architecture*. (London 1971). P.216 (Bibliog. nº 50)

No sería comparable la Suleimaniye con San Andrea de Mantua por que estos dos edificios no son compatibles ni en escala ni en forma. Incluso como el propio Goodwin señala, en el pensamiento de Alberti, la arquitectura supone la suma de las partes; en la arquitectura de Sinán, las partes no pueden separarse del todo.

Sinán no fue a Italia. No había visto obras del Renacimiento italiano. Ni somos conscientes de que *De Re Aedificatoria*, que se publicó en 1485, fuese conocido por los arquitectos otomanos de este tiempo. De todos modos, habría sido útil para ellos porque los principios fundamentales de la arquitectura otomana que dieron forma al pensamiento de Sinán habían empezado a evolucionar antes de la aparición de los tratados de Alberti. Igualmente, si nos encontramos en la arquitectura clásica otomana ciertas características particulares del Renacimiento temprano, sería falso el atribuir las a la influencia del Renacimiento. Es indudable que, después del siglo XVIII, los préstamos culturales siguieran un curso oeste-este. Pero en el siglo XVI, el potencial de los otomanos para influir en el Renacimiento italiano era mayor que el potencial de los renacentistas para influir en los otomanos.

Si se hubiera de trazar un paralelismo entre Sinán y un arquitecto renacentista, entonces éste sería Andrea Palladio (1508-1580). Estos dos arquitectos no sólo vivieron en la misma época, sino que ambos reflejaron con maestría las características esenciales de sus propias sociedades como ya se comentó en apartados anteriores de este estudio.

Alberti, Leonardo y Miguel Ángel eran típicos hombres del Renacimiento que sobresalieron en muchas formas de arte. Como Sinán, Palladio era un maestro de la construcción cuya única preocupación era la arquitectura. Sinán comenzó como carpintero; Palladio era un cantero. Sinán desarrolló su talento estudiando los monumentos arquitectónicos que se encontraron durante las campañas de Solimán El Magnífico; Palladio aprendió su arquitectura clásica haciendo dibujos a escala de las antigüedades romanas en tres excursiones desde su Vincenza natal hacia Roma.

Palladio era un italiano del norte cuyos trabajos se localizaban en y en los alrededores de Vincenza y Venecia (Villa Capra o la iglesia de Il Redentore como máximos exponentes). Consiguió el éxito mediante el sentido de la localización y de las proporciones perfectas de sus edificios religiosos y residenciales.

Después de haber alcanzado el apogeo de su poder militar y político durante el reinado de Solimán El Magnífico, el imperio otomano cayó en un estado de recesión económica y social que lo llevó a un estancamiento en el siglo XVII. Un estancamiento similar se observa en el estilo arquitectónico clásico que continuó sin cambios conceptuales durante otro siglo.

Miguel Ángel llamó a la arquitectura la mayor de todas las artes ya que va más allá de los límites de lo concerniente a la estética, del uso propio de los materiales de construcción, y se dirige hacia las necesidades físicas y

emocionales de los hombres. La validez de un estilo depende primariamente de la habilidad del arquitecto en representar el orden social en el que existe mediante una forma de construcción. Además de la armonía, un estilo universal posee una cualidad espiritual que estimula al observador y va más allá de esta época en particular. El simbolismo y los tratados culturales están profundamente enterrados en las piedras constructoras de la gran arquitectura.

Sinán tenía habilidades organizativas superiores y un talento arquitectónico excepcional. Igualmente, era afortunado en el hecho de que vivió durante muchos años en la época en la que el imperio otomano disfrutaba de estabilidad política y de poder económico, y en su existencia Sinán comprendió claramente las ideas culturales esenciales de su época; era capaz de darles expresión concreta. Lo más importante de su éxito había sido su capacidad de captar la naturaleza dual del proceso de continuidad y cambio en una cultura. No volvió la espalda a la tradición sino que siempre intentó asimilarla mediante propuestas contemporáneas. En eso se basa el genio de Sinán y su grandeza por encima del tiempo.

14. LA MEZQUITA DEL SULTÁN AHMET I (MEZQUITA AZUL)

Tras la muerte de Sinán, la construcción monumental experimentó un paréntesis debido a la falta de recursos. A partir del siglo XVI, las guerras, en lugar de aportar riquezas se convertían en abismos que engullían hombres y recursos. Los complejos imperiales escasearon y los dignatarios, cuyos puestos perdieron seguridad debido a la crisis del régimen ya no tuvieron ocasión de amasar grandes fortunas necesaria para construir conjuntos monumentales.



Fig. 1. Mezquita del sultán Ahmet, Estambul. (1605-1617).

El canto del cisne de la tradición clásica desarrollada por Sinán podemos encontrarlo en la llamada Mezquita Azul de Estambul de principios del siglo XVII.

Las dos mezquitas del Sultán en Estambul, realizadas bajo la supervisión y dirección de los arquitectos-jefes sucesores directos de Sinán, la mezquita de Yeni Valide, junto al Cuerno de Oro, empezada en 1598 por Davud Agha y acabada en 1663 por Mustafá Agha, y la mezquita del sultán Ahmet I, construida por Sedefkar Mehmet Agha entre 1605-1617 junto al hipódromo muestran el esquema cuadrilobulado utilizado por primera vez en la Mezquita del Príncipe por Sinán, en el que la cúpula principal está apuntalada por cuatro semicúpulas en una concepción centralizada del espacio.

Mientras que el sultán Murad III, sucesor de Selím II, construyó un complejo arquitectónico siguiendo los planes del anciano Sinán, que fueron llevados a cabo por los arquitectos Mahmud y Mehmet Aga, y puesto que su hijo Mehmet III había cedido la actividad constructora en Estambul a su enérgica madre, el sultán Ahmet I consiguió uno de los lugares de construcción más codiciados de la ciudad, junto al hipódromo situado enfrente de Santa Sofía, donde los edificios junto al mar de Mármara eran capaces de conseguir el mayor efecto.

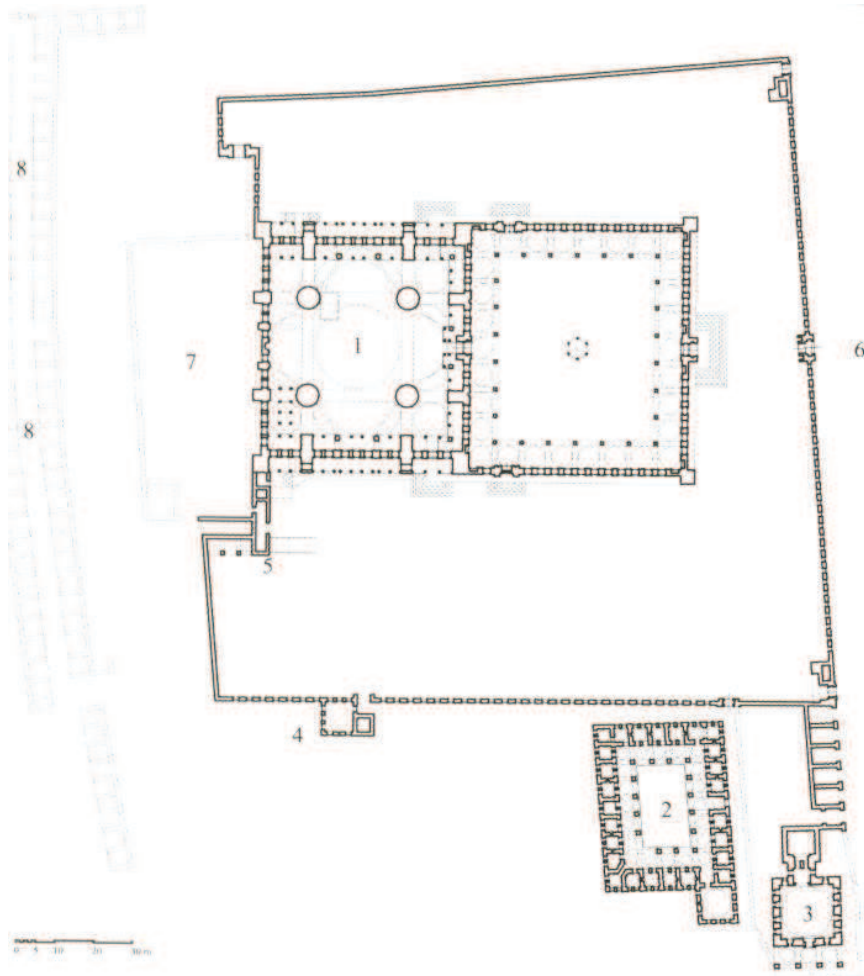


Fig. 2. Complejo de la Mezquita del sultán Ahmet, Estambul. (Necipuglu).

Para no desmerecer frente a la construcción bizantina, la mezquita, con sólo la mitad de su tamaño fue equipada con seis alminares, de modo que dos pares enmarcan la cúpula (como en la Selimiye de Edirne), mientras que el tercer par flanquea la entrada del patio. En total los alminares ofrecen 16 balcones para los muecines, cuya llamada a la oración sonaba sobre la península en un tono polifónico.

El artífice de la llamada Mezquita Azul por su profusa decoración de azulejos de este color fabricados en Iznik, fue el arquitecto-jefe Sedefkar Mehmet Aga. Probablemente de origen albanés, después de su “rpto” entró al servicio de los jardines imperiales y más tarde se especializó en los talleres en el trabajo del nácar (sedef), de ahí su sobrenombre de Sedefkar. Este material decoraba habitualmente los postigos de las puertas y ventanas de los edificios prestigiosos. Los artesanos que trabajaban el nácar eran también expertos en geometría, y gracias a sus conocimientos matemáticos Mehmet Aga ingresó en el cuerpo de arquitectos, donde sucedió a Dalgic Ahmet Aga en 1606.

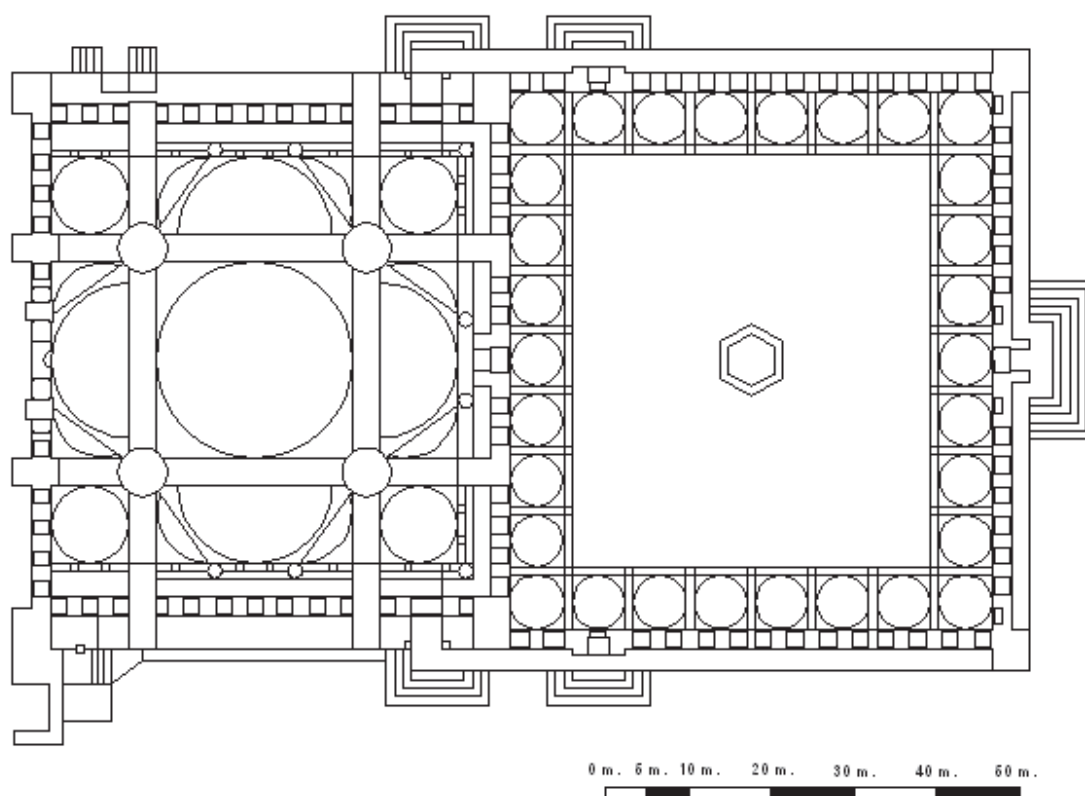


Fig. 3. Mezquita del sultán Ahmet. Planta. (Dibujo del autor).

La mezquita del sultán Ahmet es un edificio posclásico que, pretende ser la síntesis de lo anterior, se decanta por el formalismo. La búsqueda de la grandeza desembocó en la pesadez, y la de la medida en la indecisión. Su proximidad a Santa Sofía le ha proporcionado la inestimable ventaja de ser visitada de camino a ésta.

Para Mehmet Aga, o para su real patrono, el esquema ideal era el de la Sehzade, sin duda por su simetría biaxial y su planta centralizada. Por ello la imitó, aunque adoptando una serie de precauciones para sostener una cúpula

de 23,50 metros de diámetro, que culmina a 43 metros del suelo y que cubre una sala de oraciones cuadrada de 49 metros de lado, algo mayor que en la Sehzade y bastante más pequeña que la Suleimaniye. Las tres semicúpulas (salvo la del lado del mirahb) se apoyan sobre baldaquinos hexagonales, sostenidos por un par de columnas colocado ante los muros. Cada semicúpula está flanqueada por tres exedras. Pero, sobre todo la cúpula central se apoya en cuatro enormes pilares, verdaderas patas de elefante, cuya pesadez no logran atenuar ni los festones ni la pintura azul. Afortunadamente este laborioso sistema de sustentación se ve aligerado por la luminosidad del espacio interior y la profusión de cerámicas y vidrieras.

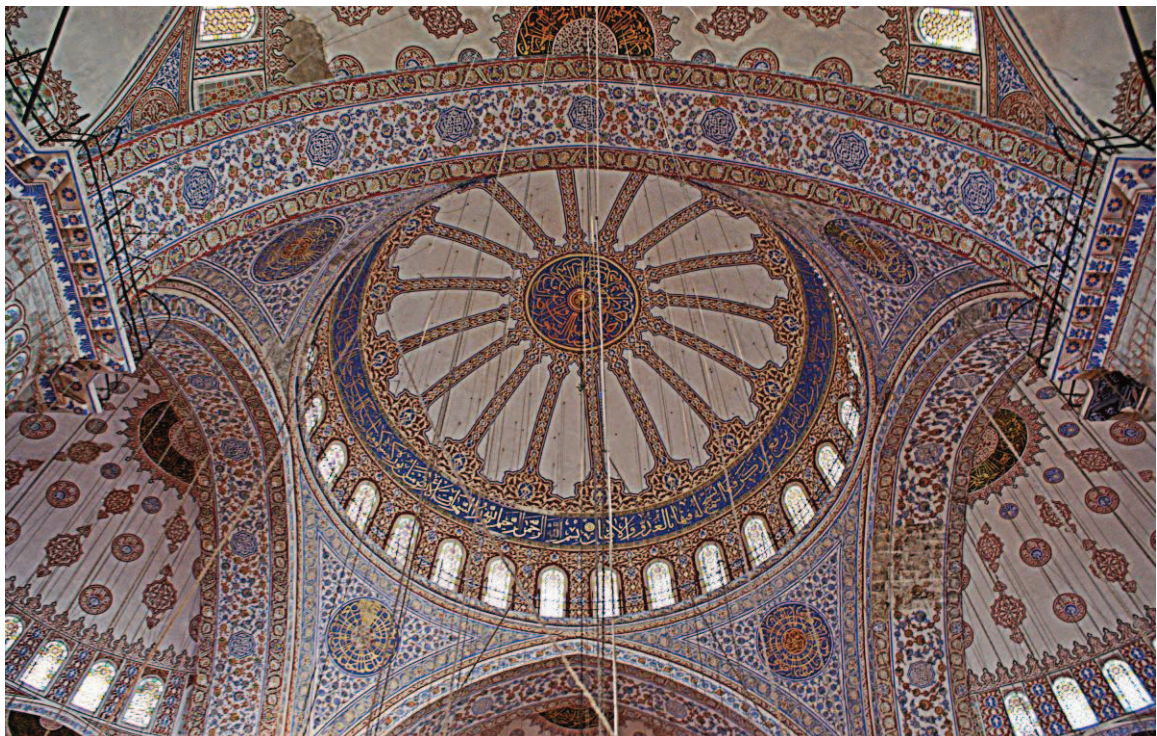


Fig.4. Interior de la Mezquita del sultán Ahmet. (Fotografía del autor).

En el exterior el sistema de fachadas laterales se extiende a lo largo del patio. Por último sus seis minaretes singularizan con acierto el paisaje, y de ahí que la Mezquita Azul gane al verla de lejos.

Los otros edificios del complejo presentan una disposición desordenada, difícilmente explicable dada la extensión de los patios exteriores por ambos lados. En cambio es lógica la posición del mausoleo de Ahmet I, que no está detrás de la mezquita donde el terreno descende rápidamente en dirección al Mármara, sino cerca del hipódromo, hacia Santa Sofía.

La decisión de construir el complejo del sultán Ahmet I se tomó en 1607, y se tardó dos años en demoler los palacios situados al este del Hipódromo y reunir

los materiales necesarios. Se empezó a excavar los cimientos en noviembre de 1610, se colocó la primera piedra en febrero de 1610 y la inauguración tuvo lugar el 9 de junio de 1617, seis meses antes de la muerte del sultán. Otros edificios del complejo, así como el mausoleo se concluyeron en 1620.



Fig.5. Sistema de cubiertas de la Mezquita Azul.

El sistema de cubiertas de la Mezquita Azul imita al de la Sehzade, con la inclusión de algunos elementos de la Suleimaniye, como el muro en escalera que subraya los arcos que sostienen la cúpula y la sucesión de torrecillas y de contrafuertes que dividen cada fachada en tres partes.

Las torres de verticalización de las cargas son octogonales y están rematadas por cúpulas rebajadas.

La Sehzade, considerada por Sinán como su obra de principiante, se convierte en el modelo absoluto de la arquitectura posclásica, que no pretende tanto innovar como imitar.

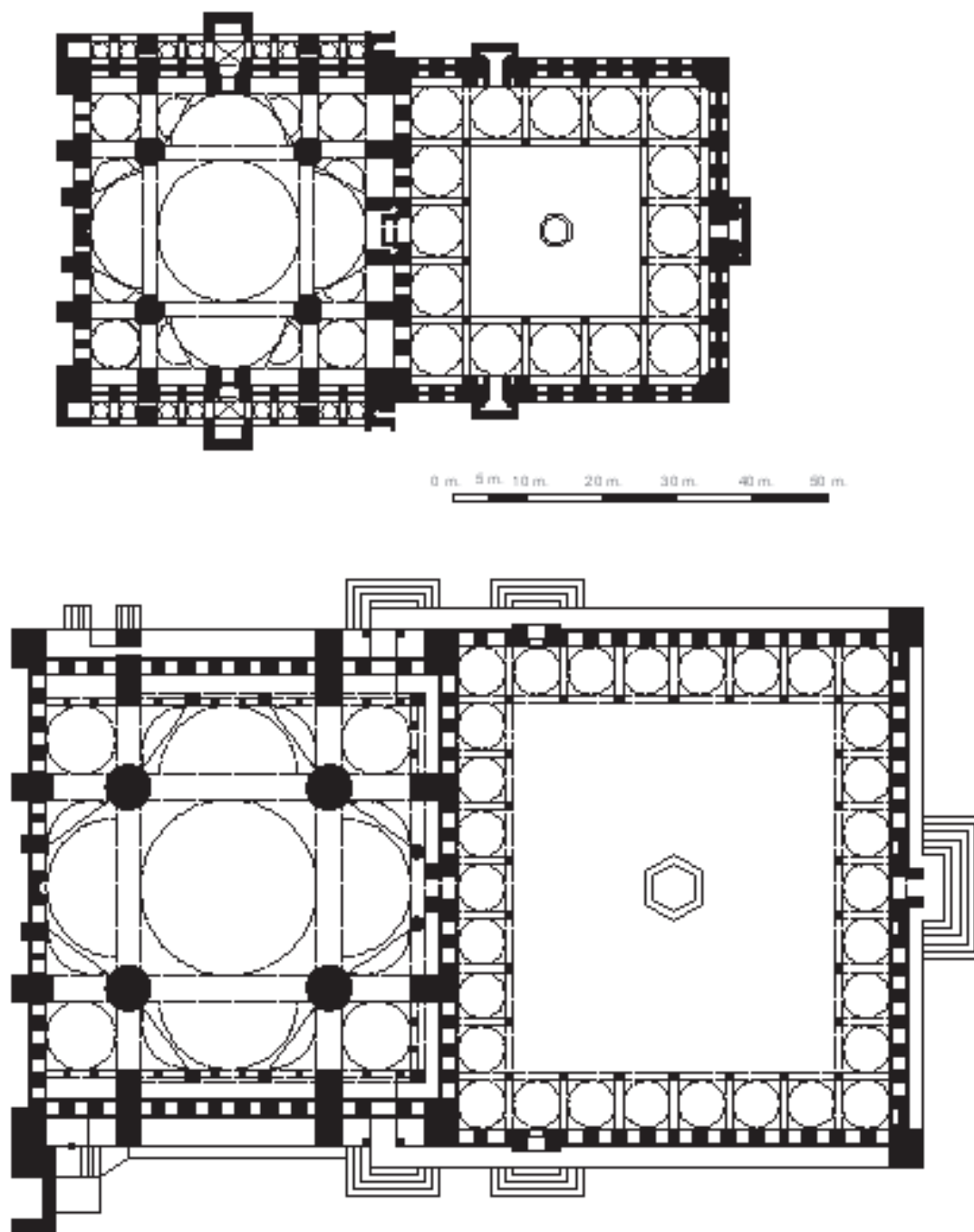


Fig.6. Comparativa a la misma escala de las plantas de la Mezquita del Príncipe y de la Mezquita Azul. (Dibujo del autor)

Aunque la cúpula de la Mezquita Azul es sólo un 23% más grande, en lo que a diámetro se refiere que en la Sehzaide, su sistema de soportes y contrafuertes supera con mucho este valor. Se aprecia, pues un excesivo celo, sino una falta de conocimiento o de asumir riesgos por parte del autor de la mezquita del Sultán Ahmet.

Los soportes de la cúpula central de la mezquita del sultán Ahmet tiene un diámetro de 6.00 metros, mientras que los de la Sehzade apenas llegan a 3.00 metros. El sistema de atirantamiento es similar en ambas mezquitas. En resumen, 75 años más tarde el genio de Sinán no fue superado por una obra que se inspiró en ella.

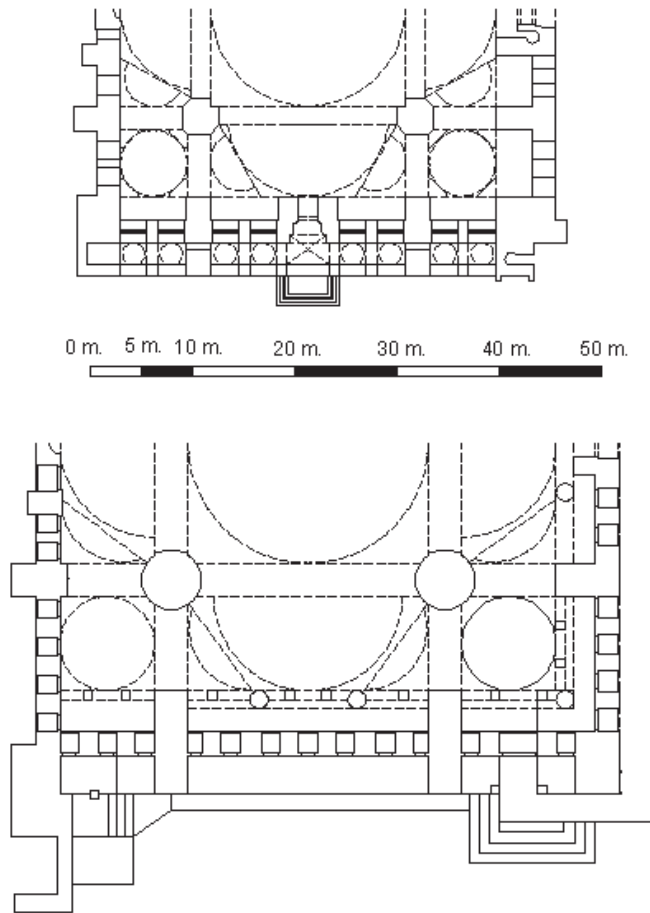


Fig.7. Comparativa a la misma escala del sistema de soportes y tirantes de la Mezquita del Príncipe y de la Mezquita Azul. (Dibujo del autor).

Resulta obvio que con Sinán se cerró un ciclo, no solo desde el punto de vista arquitectónico y de investigación así como de medios. El imperio estaba claramente en declive en todos sus aspectos. Sinán aparte de sus conocimientos, intuición y buen oficio contó con el patronazgo y los medios necesarios para acometer sus obras. No se quiere decir con esto que la falta de audacia de sus sucesores se deba a la falta de medios, pero evidentemente estos no poseían el talento de aquel.

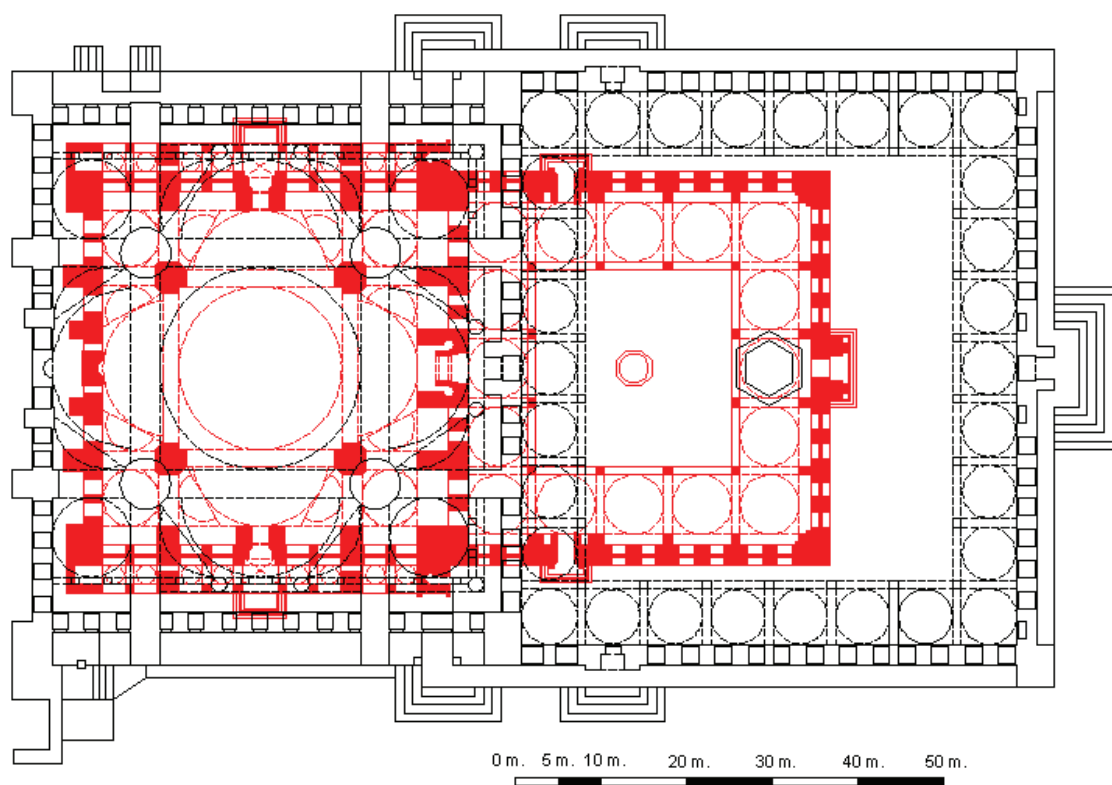


Fig.8. Comparativa a la misma escala de las plantas de la Mezquita del Príncipe (color rojo) y de la Mezquita Azul. (Dibujo del autor).

15. LA CÚPULA DE SAN PEDRO EN ROMA

Se va a abordar, en este capítulo, como se siguieron líneas diferentes en Oriente y Occidente en la construcción de edificios de cúpula centrada.

Ya han sido comentados los contactos entre el Renacimiento otomano y el Renacimiento italiano, contactos, eso sí, más en el plano de las ideas que en plano de la materialización de las mismas.

Si bien se puede establecer un camino recto y sin fisuras entre métodos y formas, desde Santa Sofía hasta las mezquitas otomanas; hasta la última realización de Sinán: la Selimiye de Edirne, no puede afirmarse que ocurriera lo mismo en la parte occidental del continente. Efectivamente el Medioevo europeo transitó por el románico, con sus colosales masas de piedra, sus imponentes bóvedas de cañón y sus sistemas de contrafuertes; un sistema basado en el “macizo sobre el vano”, hasta el refinamiento del gótico.

El gótico fue un salto cualitativo fundamental en el mundo de la arquitectura. Los arcos se apuntaron, las estructuras se aligeraron, crecieron las esbelteces, los vanos predominaron sobre el macizo. Las bóvedas de crucería apuntadas entraron a formar parte del vocabulario constructivo (principios del siglo XII). Sus estructuras se hicieron más delgadas y ligeras para permitir la reducción de los muros portantes. Cuando las altas construcciones góticas comenzaron a sobrepasar los límites permitidos por el uso de los contrafuertes aparecieron los arbotantes. Es un sistema constructivo revolucionario. Las bóvedas descansan unas contra otras para eliminar las fuerzas horizontales sobre ellas. Aparece la función “estructural” de las nervaduras. Se pueden establecer los caminos seguidos por las líneas de carga por nervaduras, soportes, contrafuertes y arbotantes.

Según afirma Mas-Guindal, el gótico es un suceso en la historia de las estructuras de una coherencia “material-forma-funcionamiento” de la mayor importancia.⁽¹⁾

Sin embargo, el camino lineal en la arquitectura de Europa occidental no tuvo continuidad, hubo una fractura en su evolución, se rompió el desarrollo. Los cambios sociales quizá fueron una de las causas más importantes. Con el humanismo se alumbró el Renacimiento. El Renacimiento retomó formas de la Roma clásica.

(1). Mas Guindal (op. ct.). (Bibliog. nº 86)

La cúpula de la catedral de Florencia acaso sea una estructura que se sitúa entre el gótico y el Renacimiento, fue en gran medida dependiente de la tradición constructiva de los maestros de obras góticos. La cúpula de San Pedro fue, no obstante, la cúpula renacentista por antonomasia.

Entre la construcción de la Selimiye de Edirne por Sinán (1575) y la Mezquita Azul (1617) se concluye en la otra parte de Europa, en la Italia renacentista la última de las grandes cúpulas de la época (la de San Pablo en Londres se realizará ya muy entrado el siglo XVII) la cúpula de la catedral de San Pedro en Roma. Siendo una realización casi contemporánea de las mezquitas de los sultanes no responde en ningún caso al modo de hacer de estas. Es un concepto totalmente opuesto, es una gran cúpula básicamente de cantería de doble cáscara y coronada con linterna. Esto pone de manifiesto las distintas maneras de realizar cúpulas en Oriente y en Occidente aún en la misma época.

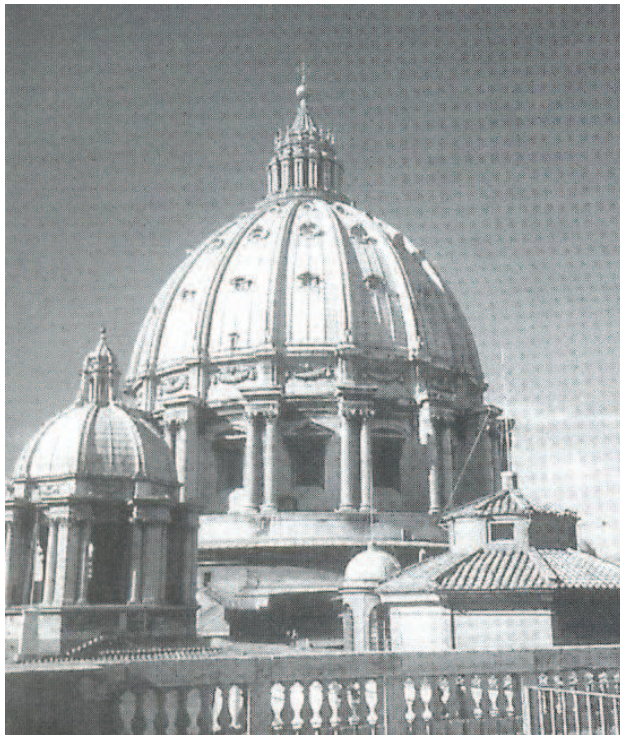


Fig.1. La catedral de San Pedro. La gran cúpula.

Como ya se ha estudiado en el siglo XVI, Mimar Sinán Pacha, que trabaja como arquitecto oficial del sultán Solimán I el Magnífico, Selim II y Murad III, realizó solo en la península de Anatolia hoy Turquía, la no desdeñable cantidad de 131 mezquitas y 346 edificios. Edificios inspirados en el edificio cristiano de Santa Sofía pero que inspirará toda la arquitectura otomana de sus seguidores en los siglos XVI y XVII.

Ante la obra oriental protagonizada por este arquitecto, solo cabe la sorpresa, al comprobar la excelencia en la capacidad de utilización de recursos técnicos, todas sus mezquitas son parecidas, pero diferentes. Todas con bóvedas pero con sistemas de apoyos diversos, pese a conocer a Palladio y los sistemas de construcción occidentales basados en el zuncho y el tirante.

Sorprende todavía más el hecho de que Miguel Ángel y toda la pléyade renacentista del cinquecento, siguieran desde 1550 el modelo de bóveda con tambor, que se impuso de manera triunfante en San Pedro, basado en el tirante como recurso para levantar la bóveda del crucero de los templos y con la linterna dar luz al mismo, sin tener en cuenta los modos de construir orientales. Sistema lleno de argucias mecánicas, como los zunchos y tirantes de forja que el tiempo los ha hecho fracasar, en un ciclo de vida no superior a 200 años, ya que hacia 1740 la cúpula vaticana debió de ser reparada por el arquitecto papal Vanvitelli a instancias del ingeniero G. Poleni

La contemporaneidad de Miguel Ángel y Sinán, merece una reflexión lejos de la valoración de la obra de ambos, reconocida suficientemente por la cultura universal, aún y cuando la arquitectura oriental no consigue la luces record del edificio Vaticano, si está próximo a ellas, e incluso su sistema constructivo apunta en ocasiones a superarlas. El Panteón tiene 43.30 m., y Santa Sofía es un espacio cupulado, siendo el diámetro de la cúpula de 30.00 metros

Es sin duda, la transmisión de cargas, el pórtico, el paso del dintel al arco, la evolución del arco, la construcción misma de la bóveda y su transición a los apoyos,... lo que ha hecho posible la evolución formal y sin duda su gloriosa supervivencia, con más recursos que unos tirantes que la experiencia ha demostrado de su fatiga con el tiempo. Es notoria la cantidad de edificios cupulados que precisan de intervención por fallo en la transmisión de los empujes en el anillo. Parece evidente que estas cuestiones fueron la piedra angular de la propia evolución arquitectónica. En la construcción antigua se tuvieron las reglas de la buena práctica en cuenta basadas en reglas de proporción (semejanza), que entraron en contradicción a partir de los estudios de Galileo. De todos es conocido que la regla de semejanza es válida si las proporciones son pequeñas (8-10 m.) si estas son grandes la forma circular es poco adecuada para servir de soporte funicular a una ley de cargas basada en variaciones sobre la catenaria o la parábola.

Se han construido edificios durante siglos que han funcionado y siguen haciéndolo basados en estos principios. Los conocimientos aprendidos, la observación, la experiencia, la comprobación son, en si mismos, la historia de la Arquitectura, que ha evolucionado no sobre lo que el hombre ha querido hacer sino sobre lo que ha podido hacer.

Anteriormente se había construido en Florencia otra cúpula clave en el Renacimiento italiano: la cúpula de la catedral de Florencia, Santa María de las Flores. Fue Brunelleschi el artífice de esta obra que le consumió los últimos 25 años de su longeva vida, de hecho no vio terminada la linterna. Decir que Miguel Ángel solo vio terminado el tambor de San Pedro pero el proyecto de realización posterior si se basó en el suyo.

Aunque formalmente sea una cúpula octogonal constituida por paños todas las secciones horizontales de la cúpula de Brunelleschi en Florencia son octogonales. La cúpula tiene dos cáscaras, igual que la de San Pedro; el espesor total es de 4.4 m., se compone de una cúpula exterior de 0.7 a 0.9 m. de espesor, y una interior de 2.0 a 2.2 m. Como es habitual por el hueco entre ambas discurren unas escaleras (de 1.5 m.) que dan acceso a la linterna.

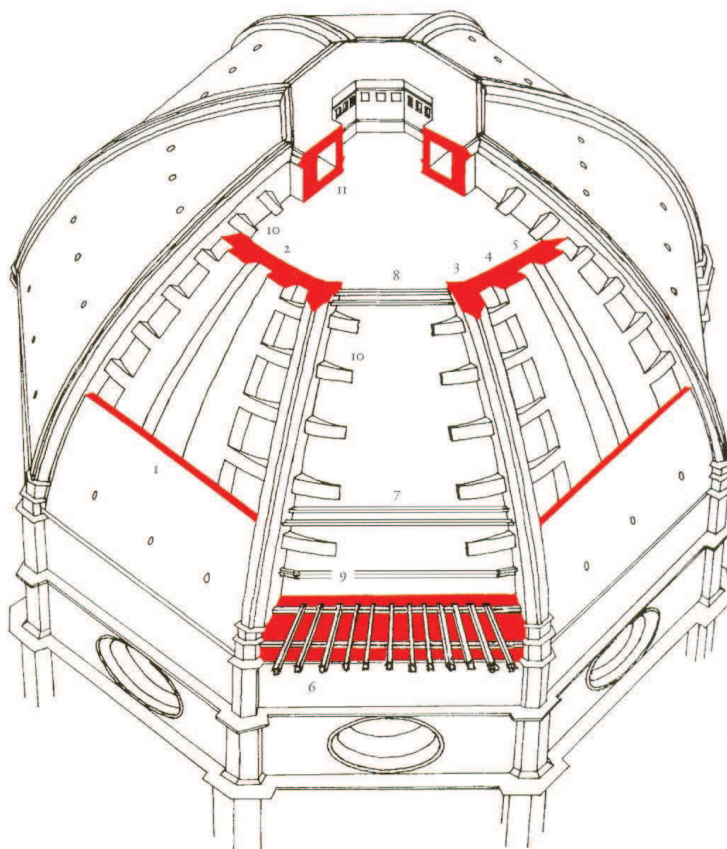


Fig.2. Santa María de las Flores. Cúpula de Brunelleschi. (G. Fanelli y M. Fanelli. La cúpula de Brunelleschi).

En el interior de la gruesa cúpula octogonal de Florencia se puede imaginar una cúpula continua de planta circular en todas las secciones horizontales, y realizar un análisis fiable utilizando esta cúpula imaginaria como una posible superficie de empujes para la estructura real. Así se pueden hacer estimaciones correctas del comportamiento global y determinar con cierta exactitud el empuje sobre el tambor que lo soporta, pero esta aproximación olvida un importante aspecto del comportamiento real que procede de la

naturaleza poligonal de la cúpula; la superficie no cambia suavemente de curvatura en los planos horizontales (secciones), sino que presenta fuertes pliegues en los ocho ángulos. Tales pliegues están potencialmente sometidos a elevadas tensiones y pueden tener que ser reforzados.

Los ocho nervios de la cúpula tenderán a recoger el peso de ésta concentrando cierta proporción de carga sobre las esquinas del tambor octogonal y así a través de los pilares de soporte hasta el suelo. La cúpula está contrarrestada a norte, sur y este por ábsides abovedados y al oeste por la nave central de la catedral.

A diferencia de la cúpula de Brunelleschi, las dieciséis costillas de la cúpula de San Pedro, de Miguel Ángel, están dispuestas sobre una cáscara de revolución de curvatura continua; las costillas no recogen las fuerzas y no son estructuralmente efectivas, aunque definen visualmente la superficie de la cúpula.

La sección de la cúpula se desdobra en dos cáscaras a un tercio del arranque aproximadamente. En el punto de encuentro de la cúpula con la linterna las cáscaras adquieren su mayor separación. La interior tiene un espesor de unos 1.40 m. y su sección presenta gradas para ascender a la linterna a través del espacio que queda entre ambas cáscaras. La exterior con 0.93 m. de espesor está perforada en cada uno de sus gajos por tres huecos para iluminar y ventilar. El conjunto da un espesor aproximado de 3.70 m.



Fig.3. La catedral de San Pedro. Esquema cúpula. (W. Müller-G. Voge. Atlas de Arquitectura II).

El sistema clásico de cálculo de cúpulas se basaba en unas reglas de diseño y dimensionamiento de tipo empírico. Fundamentalmente hay dos tipos de reglas: dimensionamiento mediante geometría y mediante fórmulas racionales. Alberti, Fray Lorenzo, Palladio,... se encargaron de estudiar de una manera más o menos acertada el funcionamiento de las cúpulas, llegando *Alberti* a conocer el funcionamiento de anillos y meridianos de las cúpulas y realizando la construcción por el sistema de voladizos sucesivos anteriormente citado, y que fue utilizado por Brunelleschi en la cúpula de Santa María de las Flores

Frezier relacionó los empujes de las cúpulas con los empujes de la bóveda de cañón, diciendo que el empuje de la primera es la mitad del empuje que el de la segunda. Esta afirmación se puede discutir analíticamente en el marco de ausencia de tracciones con la formulación de las láminas de revolución para ángulos menores de 45° en el caso de carga uniforme por ejemplo. La propuesta de Frezier resulta bastante aproximada al comportamiento real.

El arquitecto italiano Fontana propuso una construcción gráfica para cúpulas. La cúpula clásica necesita un intradós semicircular conjuntamente con una elevación del extradós para que la cúpula sea visible desde el exterior.

Las sucesivas propuestas de Bramante, Sangallo, Miguel Ángel llevaron a Giacomo Della Porta a recurrir al perfil apuntado. La solución de Fontana se basa en dicho perfil apuntado alrededor del sexto agudo, con espesor variable y elevación sobre tambor. El espesor en la base es del catorceavo de la luz, en clave es de la luz dividido por treinta y cinco y el muro de apoyo tiene un décimo de la luz como espesor.

Son valores que aproximadamente dividen por dos los necesarios para una bóveda de cañón de igual luz. El diseño de Fontana no es lo suficientemente apuntado para evitar la aparición de tracciones en los anillos inferiores, por lo que la existencia de la linterna como carga estabilizadora es obligada. (Modelo de Poleni para el análisis en rotura de cúpulas). (Mainstone)

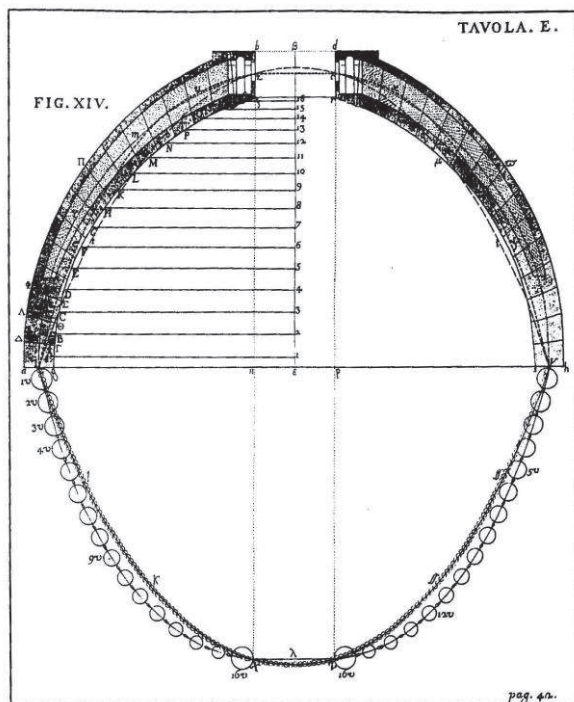


Fig.4. Modelo de Poleni de rotura.

El mecanismo resistente de las cúpulas tiene una particularidad que las hace superar ampliamente la capacidad estructural de los arcos. Cada meridiano se comporta como si fuera un arco funicular de las cargas aplicadas, es decir, resiste las cargas sin desarrollar tensiones de flexión para cualquier sistema de cargas. La forma esférica da tracciones en los paralelos de riñones, para ello no hay más que superponer a la forma esférica la curva de empujes debida a la acción de las cargas de peso propio y la forma rebajada da tracciones en el anillo extremo, por lo que requiere estribos muy fuertes.

La cúpula posee unos paralelos que restringen su desplazamiento lateral desarrollando tensiones en anillo y haciendo posible un comportamiento de, membrana. En una cúpula rebajada, con un ángulo inferior a 52° , los meridianos se deforman hacia dentro, hacia el eje de la cúpula, y los paralelos transversales a los mismos se comprimen tratando de impedirlo.

Cuando la cúpula es de gran altura, bajo la acción de las cargas los puntos más altos se mueven hacia dentro, pero los más bajos lo hacen hacia fuera, es decir, alejándose del eje: los paralelos por debajo del ángulo de 52° quedan sometidos a esfuerzos de tracción.

Para que todo esto tenga lugar y la cúpula solo posea esfuerzos propios de membrana los bordes han de poder experimentar libre movimiento horizontal en sus apoyos. En caso de que fuera empotrada se presentarían unas pequeñas flexiones en los arranques que la propia cúpula amortigua muy rápidamente.

La cúpula puede imaginarse como unos gajos o arcos meridianos cuya flexión está impedida por los anillos o paralelos horizontales. En las zonas en las que los gajos quieren hundirse hacia dentro los paralelos se lo impiden trabajando en compresión y donde los gajos quieren abrirse el paralelo ha de evitarlo resistiendo en tracción.

La basílica de San Pedro es un proceso de unos 160 años. Podemos hacernos una idea comparativa si hablamos de los 7 años en que tardó en construirse el Panteón o los 5 de Santa *Sofía*. Es el ejemplo de una obra dirigida y modificada por muchos arquitectos, con todo lo negativo que eso supone, a diferencia de la obra de Brunelleschi citada anteriormente. Cuando en 1546 *Miguel Ángel* recibe el encargo de continuar la labor de Sangallo su planteamiento se refiere fundamentalmente a la planta y a la iluminación interior, Ni tenía ni se hizo de inmediato una idea de conjunto como había hecho Sangallo.

La cronología se puede resumir como sigue.

Entre 1505 y 1514 el encargo es para Bramante. Este realiza una serie de planos basados todos en planta de cruz griega, un modelo centralizado observado en Santa María della Carcerici en Prato y Santa María della Consolazione en Todi. Bramante volvió sus ojos al ejercicio de la cúpula del Panteón de Roma para su posible solución. Pero el proyecto quedó prácticamente en los planos ya que a la muerte de Bramante sólo se habían construido los soportes cruciformes de la parte central.

La siguiente etapa corresponde a Giuliano de Sangallo y Rafaele Peruzzi entre 1514 y 1521. Básicamente fueron continuaciones de los planos y planteamientos de Bramante. Estos simplemente reforzaron los soportes de aquel y empezaron a trazar arcos.

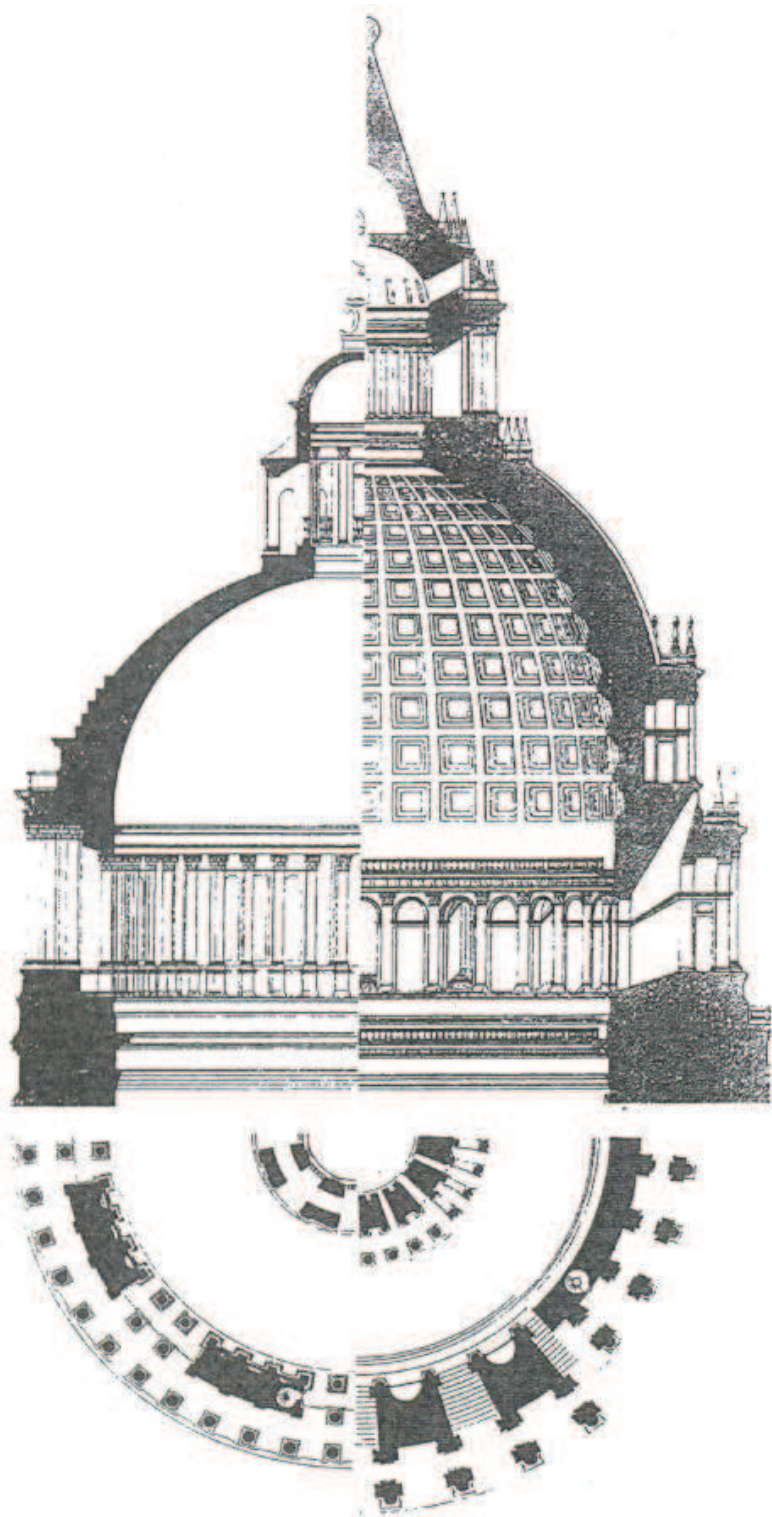


Fig.5. Diseño de la cúpula de san Pedro por Serlio (izquierda) y Sangallo (derecha).

Durante 1521 y 1546 el trabajo estuvo parado con el reforzamiento de los soportes principales, quizá en previsión de la posible construcción de la cúpula planteada por Sangallo "El Viejo" con su propio diseño como única obra. Ya se habían producido diseños varios, incluso maquetas de madera para observar el aspecto que tendría la cúpula entre 1539 y 1546. Hasta aquí sólo se había planteado un reforzamiento de los soportes propuestos por Bramante, el planteamiento seguía siendo el de planta centralizada. Se incluyó el tema de la linterna casi a imagen y semejanza de la de Florencia que era el gran referente para San Pedro.

A la par se abandonó el planteamiento de planta centralizada en pro de un esquema en planta de cruz latina.

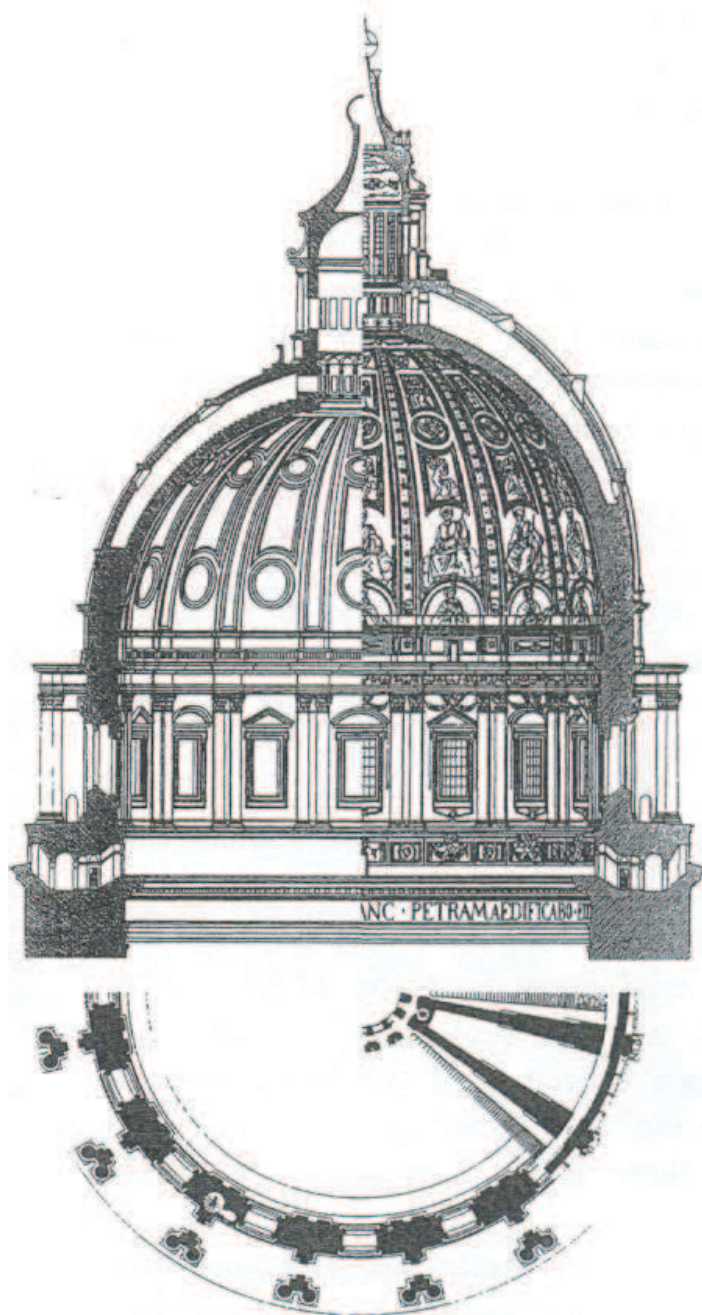


Fig.6. Diseño de la cúpula de San Pedro por Miguel Ángel (izquierda) y della Porta (derecha).

Definitivamente Miguel Ángel retomó el proyecto entre 1546 y 1564, Este fue, después de Bramante el que más aportó a su resolución, de hecho retomo el esquema de planta centralizada de Bramante para el proyecto. Miguel Ángel volvió al diseño florentino de Brunelleschi adoptando una cúpula con sistema de doble cáscara proponiendo una construcción más ligera que lo propuesto hasta entonces.

Aunque Miguel Ángel sólo vio el tambor construido se puede afirmar que el proyecto llevado a cabo posteriormente fue, en esencia, el suyo.

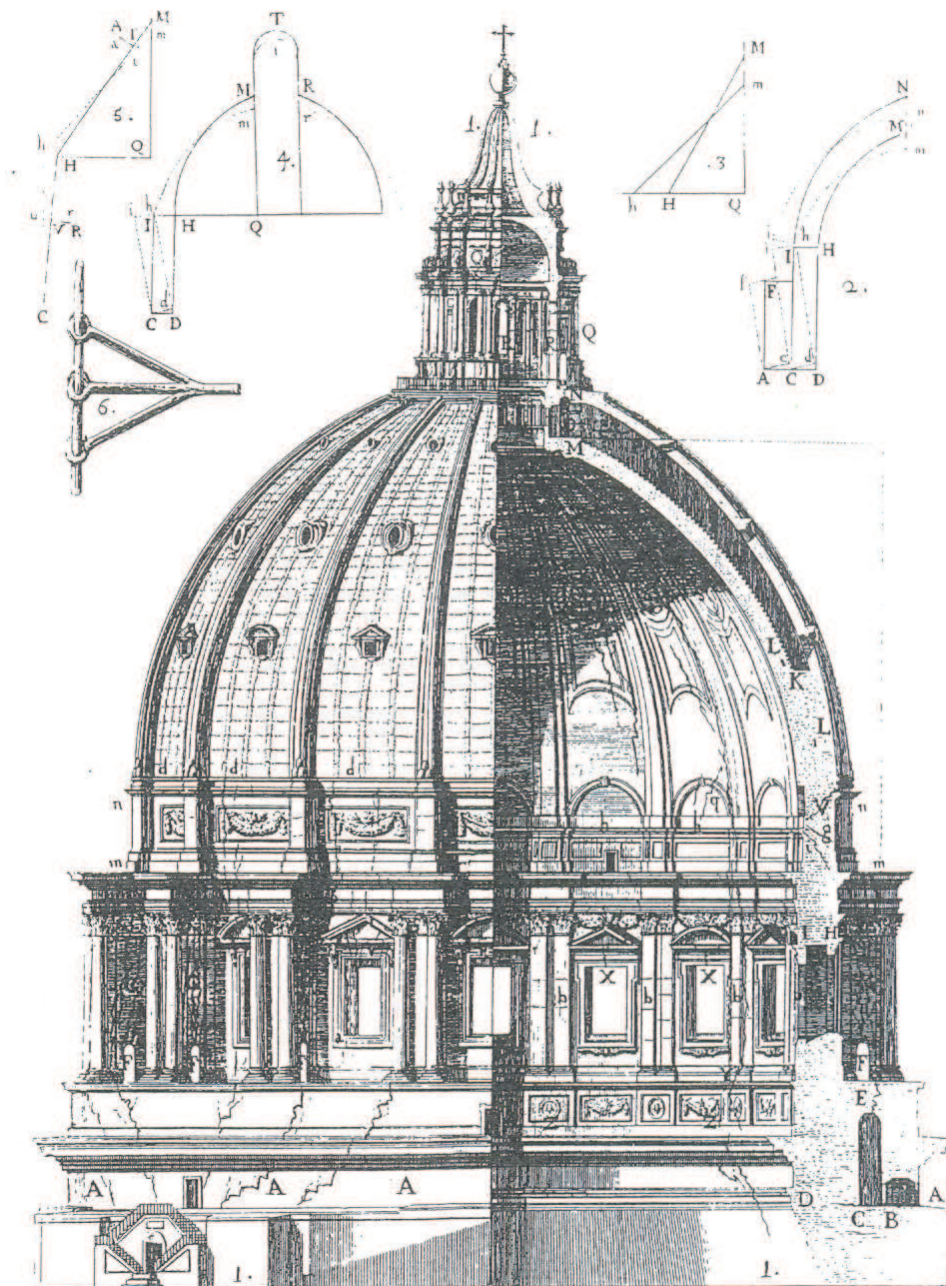


Fig.7. Cúpula de San Pedro. Estudio de esfuerzos, grietas y sistemas de encadenamiento. (G. Poleni. Memoria Historiche de gran cupola de Templo Vaticano)

Por último entre 1588 y 1591 Giacomo della Porta fue el encargado de llevar a término la obra. La construcción de la cúpula comenzó en julio de 1588 con pequeñas modificaciones del diseño de Miguel Ángel por della Porta. Este concluyó la doble cáscara conectándola toda con anillos metálicos. Acaso era una obra a caballo entre el modelo de cúpula semiesférica de madera que había dejado Miguel Ángel y el modelo en quinto agudo de Florencia. La cáscara interior era semiesférica y la exterior ligeramente apuntada para sostener el peso de la linterna superior.

El modelo se mostró válido durante unos 200 años ya que la aparición de grieta llegó a causar alarma y fue cuando Poleni intervino a instancias de Vanvitelli encadenando de nuevo la cúpula. Pero ya antes en abril de 1680 empezaron a correr rumores sobre el peligro de colapso que corría la cúpula por la aparición y crecimiento de grietas en la propia cúpula y en el tambor. También se acusó de ello las intervenciones de Bernini que había fallecido hacia poco. Entre 1730 y 1735 se siguió observando la evolución de las patologías de la cúpula hasta que definitivamente en septiembre de 1742 Vanvitelli hizo el informe que concluyó con la intervención de Poleni.



Fig.8. Cúpula de San Pedro. Esquema volumétrico. (Construcción 3D del autor).

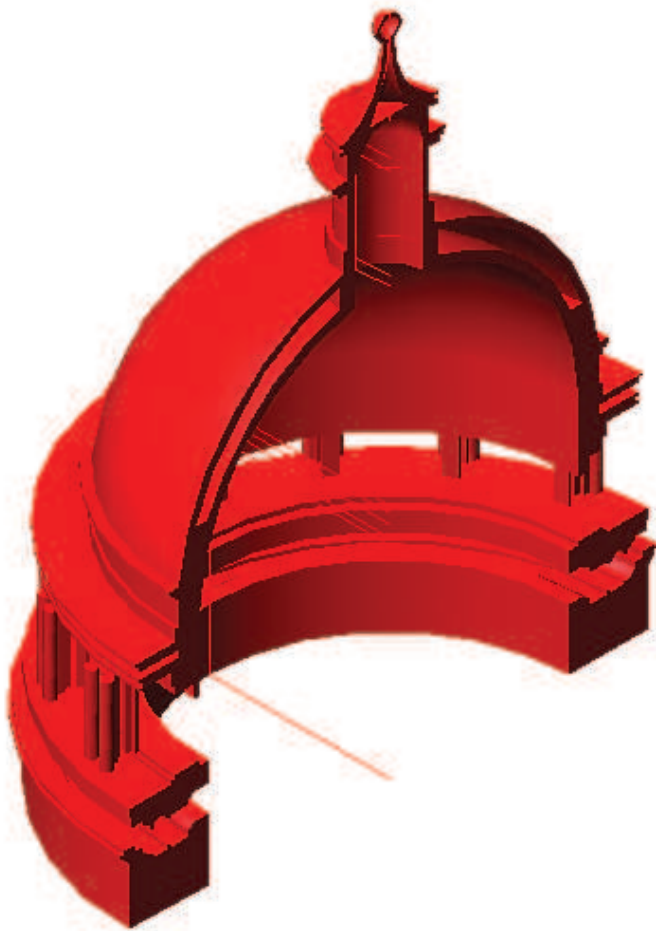


Fig.9. Cúpula de San Pedro. Sección esquema volumétrico. (Construcción 3D del autor).

En las figuras anteriores se observa la doble cáscara de la cúpula la linterna y el tambor sobre el que se asienta la cúpula. Aparte del encadenado el efecto del zunchado que ejerce el tambor es uno de los efectos estabilizantes de la cúpula. El arranque de la cúpula, aproximadamente el primer tercio, es totalmente macizo y a partir de este punto se desdobra, siendo la cáscara interior semiesférica y la exterior algo apuntada para sostener la linterna.

Como ya se ha dicho la sección de la cúpula se desdobra en dos cáscaras a un tercio del arranque. El perfil de las costillas entre las que se construyen es más ancho en su encuentro con la linterna, es decir, en ese punto las cáscaras adquieren su mayor separación. La interior tiene un espesor de unos 1.38 metros y su sección presenta escaleras para poder ascender a la linterna entre el espacio de las dos cáscaras. La exterior, con casi un metro de espesor está perforada en cada uno de los gajos por tres huecos que permiten la iluminación y la ventilación de ese espacio. (2).

(2). Carlo Fontana. Il templo Vaticano e sua origine. Roma 1694. (Bibliog. nº 41)

Según el mismo Fontana el diámetro de la cúpula es de 42.59 metros, y el de la linterna, aproximadamente un sexto, es decir 7.15 metros. La altura total desde la base hasta la linterna, ambas incluidas es de unos 78.00 metros.

Tanto las costillas como las cáscaras son de ladrillo, estas últimas con un aparejo en espina de pez de clara influencia romana y bizantina. Parece ser que se utilizó un complejo cimbrado con dieciséis cimbras de madera apoyadas sobre el ático del tambor. Aquí se ve una clara diferencia al método utilizado por Brunelleschi, que no requería cimbra alguna.

La cúpula se apoya sobre el tambor por medio de un cuerpo intermedio. El tambor está perforado por dieciséis ventanas permitiendo un aumento de la iluminación que aporta la linterna. Las costillas se prolongan formalmente en pilastras dobles por la parte interior y exteriormente en contrafuertes. El espesor del tambor es de 3.12 metros y el muro de contrafuertes de 0.73 metros. Esta fue la parte que construyó el propio Miguel Ángel antes de morir.

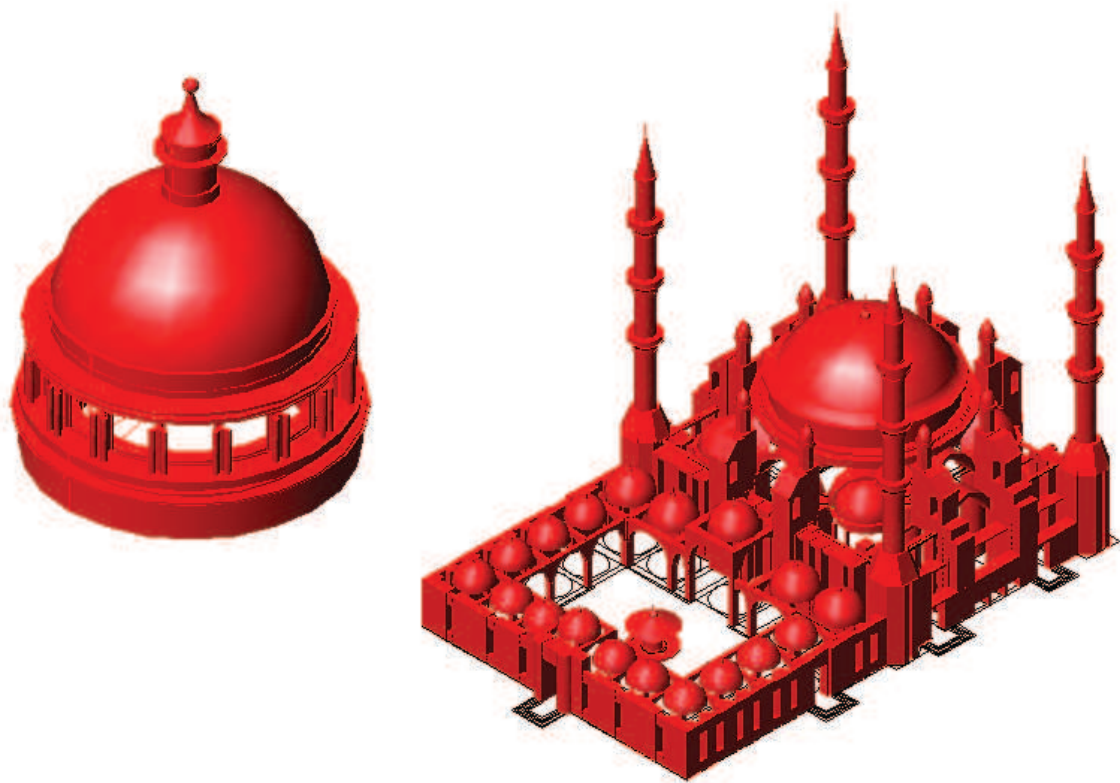


Fig.10. Comparativa volumétrica entre la cúpula de San Pedro con el tambor y la Selimiye de Edirne. (Construcción 3D del autor).

Se aprecia en la figura 10 la grandiosidad de la cúpula de Miguel Ángel sobre la de Sinán, pero hay que volver a insistir en la diferencia no ya de conceptos sino de objetivos perseguidos a una y otra parte del continente.

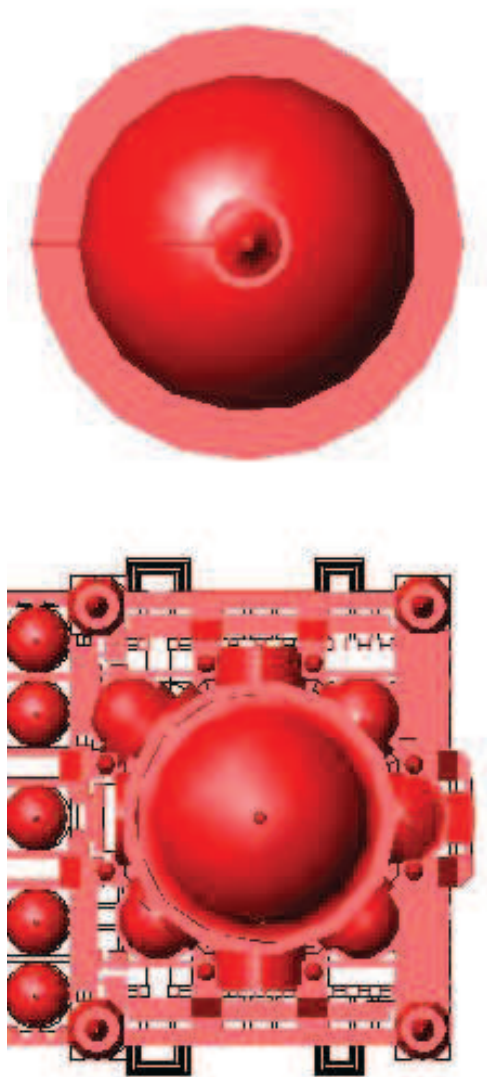


Fig.11. Comparativa de diámetro entre la cúpula de San Pedro y la de la Selimiye de Edirne. (Construcción 3D del autor).

A la vista de dos logros casi contemporáneos, pero eso sí, con concepciones distintas aunque no opuestas se han presentado el gran logro del Renacimiento italiano cual es la cúpula de San Pedro que empezó su concepción con Bramante en 1505 y acabó con della Porta en 1591. Una andadura de casi un siglo entre planteamientos, correcciones y concrecciones. El resultado es una potente mole que debía ser referencia para la cristiandad. Esta cúpula es heredera, en parte de la de Brunelleschi en Florencia y esta, a su vez, de los modos de hacer del gótico. Es un camino concatenado de resultados óptimos, contrastados y relativamente válidos.

Parece como si el límite de los objetivos arquitectónicos hubiese encontrado su límite geográfico en Italia como heredera de los modos occidentales. El gótico se desarrolló más profusamente por Alemania, Francia y los países del centro

de Europa teniendo este como tal sus confines en las fronteras del Imperio otomano.

La cúpula de San Pedro parecía el logro supremo de la arquitectura occidental, exceptuando siempre otra gran referencia: el Panteón de Roma cuya cúpula no fue superada ni tan siquiera por el insigne Miguel Ángel catorce siglos después. La cúpula del Panteón en su concepción puramente oriental se mantuvo, y se ha mantenido indemne con el paso de los siglos. Pequeñas patologías han aparecido con el devenir del tiempo pero en ningún caso fueron motivo de alarma. Las habituales grietas radiales de las cúpulas monolíticas son su único signo de “debilidad”. No así con San Pedro que mostró sus patologías en un plazo de unos dos siglos desde su conclusión.

Santa Sofía como planteamiento de cúpula oriental también ha resistido los embates del tiempo. También colapsó parcialmente en veinte años, pero las causas no se debieron a sus métodos de construcción, sino al lecho de su cimentación (arena y roca) y a los movimientos sísmicos que la perjudicaron.

La cúpula de Brunelleschi no tuvo los problemas de la de San Pedro. Quizás porque en el fondo era una cúpula gótica de nervaduras apuntada en quinto agudo, lo que verticalizaba mucho más las cargas y minimizaba el empuje horizontal en el perímetro de la base. Aún así estaba fuertemente encadenada con cadenas de madera, hierro y piedra. En San Pedro hasta las cadenas de hierro se rompieron debido al empuje. El tambor de zunchado en ambas es un elemento fundamental para su estabilización.

Las cúpulas orientales, incluida Santa Sofía son de dimensiones más modestas pero responden a un planteamiento “más puro”. Son cúpulas de una sola cáscara con espesores que rondan los 60 – 80 centímetros, lejos de los 3 – 4 metros de las cúpulas occidentales. Son cúpulas con un ángulo de apertura de entre 130 y 140° lo que ayuda a minimizar los perjudiciales esfuerzos de tracción que se presentan en ellas. Además esta parte traccionada presenta ventanas hábilmente dispuestas funcionalmente (paso de la luz) y estructuralmente ya que las posibles grietas radiales se ven absorbidas por los propios huecos de ventanas. Además Sinán pasó tirantes metálicos cercando la parte traccionada de dichas cúpulas y engrosó con pequeños contrafuertes la zona de las ventanas.

Otro elemento fundamental es considerar, en el planteamiento oriental, la cúpula como un elemento integrante del conjunto del edificio, no como un remate independiente. Todos los esfuerzos transmitidos por este tipo de cúpulas son contrarrestados sucesivamente por las partes del todo formando un único sistema mecánico y estructural.

Se puede afirmar, sobre todo por la secuencia de ejecución, que en Florencia y en Roma la cúpula se concibió como un elemento aparte, como un edificio que remataba a otro edificio. De hecho Brunelleschi fue contratado para elaborar la cúpula, dado que el resto de las naves de la catedral ya estaban casi concluidas. Él tuvo que afrontar exclusivamente el problema de la cúpula sobre un edificio que ya estaba en pie. Esto sumó dificultades al propio ejercicio de la

cúpula ya que al estar el crucero levantado hubo de inventar mecanismos y grúas que cupiesen dentro del edificio, así como sistemas de cimbrado y elevación de materiales, aunque esto no hizo sino agrandar la capacidad creativa de Brunelleschi.

La catedral de San Pedro es un caso aparte en lo que se refiere al proceso de ejecución. Durante años no fue otra cosa sino planos y planes. Se fue pasando, según el gusto de los distintos papas, de planta centrada a planta de cruz latina y de vuelta otra vez a planta de cruz griega. Multitud de arquitectos pasaron por el proceso y, por fin un genio como Miguel Ángel produjo la solución definitiva.

En el otro lado de Europa los arquitectos otomanos tomando modelos orientales, y en ellos estaría incluida la propia Santa Sofía, trazaron otro camino. Se trataba de cúpulas de material cerámico de poco espesor y extremadamente ligeras. Formaban parte del todo y el sistema de equilibrio se basaba en el contrarresto de cargas proporcionado por todas las partes del edificio. Se trataba de un sistema de equilibrio de empujes sabiamente dirigido hasta la base del conjunto. No era como en Roma en donde el equilibrio se confiaba al monolitismo y a la cantidad de material como contrarresto.

No se puede afirmar la predominancia de un sistema oriental sobre un sistema occidental o viceversa; simplemente eran sistemas puestos en valoración, sistemas distintos, modos distintos, concepciones y anhelos distintos.



Fig.11. Cúpula de San Pedro. Sección horizontal a 2/3 del arranque. Esquema volumétrico. (Construcción 3D del autor).

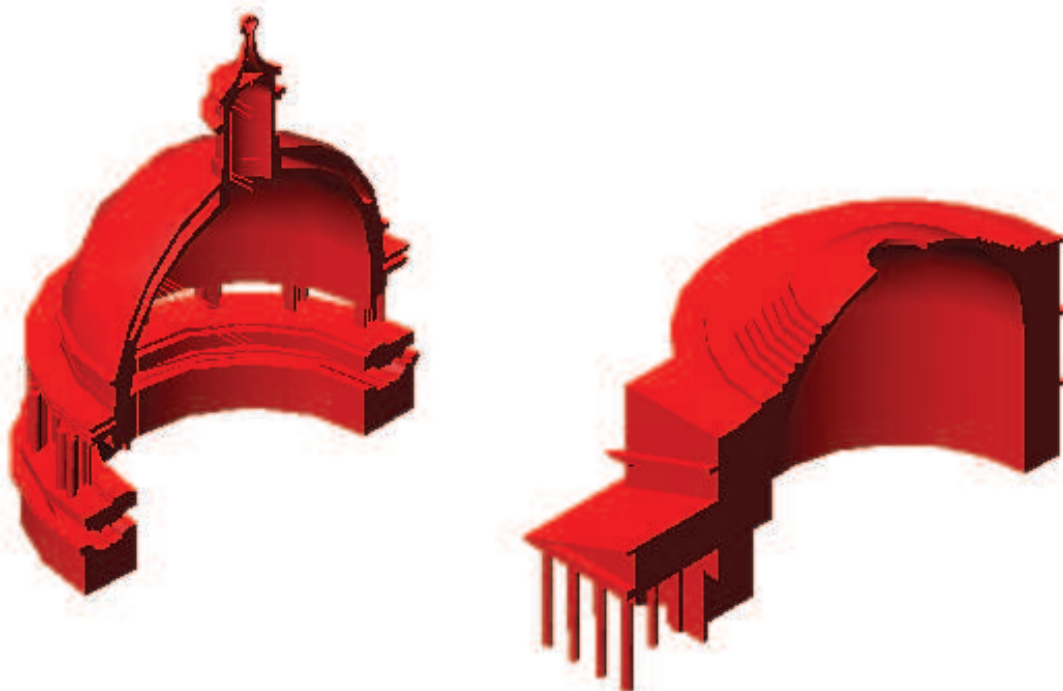


Fig.12. Comparativa sección transversal de la cúpula de San Pedro y el Panteón de Roma. Esquema volumétrico. (Construcción 3D del autor).

Resulta más que obvio que el modelo final de la cúpula que se planteó y construyó en San Pedro tenía “fallos conceptuales”, a tenor de sus prontas patologías y su definitiva intervención por Poleni.

Durante el proceso de planes y planos la solución de la cúpula se fue alterando sustancialmente; desde el planteamiento de Serlio de cúpula semiesférica y una sola cáscara basada en la del Panteón, hasta el de Sangallo de perfil apuntado pero también de una sola cáscara igualmente inspirada en el Panteón. Estos planteamientos estaban dentro de una lógica de cúpula más acorde con el clasicismo romano, de hecho su inspiración fue la misma.

Ambas tenían en sus trazas sendas linternas, consustanciales al Renacimiento, así como también estaban apoyadas en tambores.

Se ven los tres elementos básicos de las cúpulas renacentistas cuales son el tambor, la propia cúpula y la linterna. Los tres elementos constituían un conjunto formal y visual pero acaso no estructural o mecánico.

Ya se ha visto que realmente, tanto en Florencia como en Roma, la cúpula podía considerarse como un edificio sobre otro edificio. No había esa conjunción integradora que se logró con las mezquitas de los sultanes al otro lado del continente.

En efecto, tanto las primeras mezquitas de los sultanes como las llevadas a cabo por Sinán resolvían el conjunto de una forma más integradora, todo formaba parte de un conjunto superior; tensiones y esfuerzos eran hábilmente conducidos hasta el suelo en una armonía de cúpulas, semicúpulas, casquetes

y demás elementos sin poder separarse unos de otros, era un conjunto unitario, funcionaba estructuralmente de forma armoniosa.

El Renacimiento italiano, al menos en sus dos edificios más significativos, Santa María de las Flores y San Pedro de Roma, nunca consiguió esa conjunción. Brunelleschi inició nuevos planteamientos en Florencia, pero el peso de la tradición gótica todavía era demasiado opresor y el insigne arquitecto abordó el reto de la cúpula de la catedral con una apuntada de nervadura en quinto agudo. Además, enfatizando lo anterior, el edificio ya tenía las naves y el crucero finalizados, era pues, la obra de Brunelleschi, un edificio para rematar a otro edificio. La incorporación de la linterna fue otro factor. Esta cargaba sobre la cúpula, pero en su tratamiento de doble cáscara, trabada y nervada a la vez que apuntada no afectó significativamente al equilibrio. Consciente de los esfuerzos a los que tenía que responder las dos cáscaras estaban sólidamente trabadas y encadenadas lo que contribuyó a su estabilidad.

La cúpula de San Pedro era algo distinto, se puede afirmar que su inspiración fue tanto el Panteón como Santa María de las Flores. En sus primeros planteamientos se asemejaba más al edificio romano que al florentino, pero a partir de la intervención de Miguel Ángel y della Porta se estaba más claramente bebiendo en las fuentes de Brunelleschi.

Miguel Ángel planteó, al fin, una cúpula de doble cáscara con una linterna y, por supuesto sobre un tambor, a modo de la cúpula de Brunelleschi y atendiendo a preceptos renacentistas.

El sistema constructivo de la misma presenta una serie de factores que se van a analizar a continuación.

En primer lugar el tema de la doble cáscara. Este sistema ya demostró que habría que articular elementos que uniesen solidariamente ambas cáscaras para que pudiesen trabajar como una sola y así evitar posibles problemas de índole estructural. Es evidente que la isotropía de una cáscara única era lo más adecuado, pero una cúpula de semejante tamaño con una cáscara sería acaso un imposible, más si tenemos en cuenta que su peso se estima en unas 22.000 toneladas. Por otro lado estaba la pesada linterna de mármol que penalizaba gravemente la estructura. La carga adicional que suponía hacía que el punto de cambio de compresión a tracción en la masa de la cúpula subiese, con lo que mayor parte de la cúpula estaba sometida a esfuerzos de tracción (recordemos que no es este el estado deseable). Esto obligaba a un potente encadenamiento de la cúpula así como al zunchado que le otorgaba el tambor sobre el que se asentaba.

Miguel Ángel, consciente de estos problemas concibió la cáscara exterior apuntada para aliviar, en parte, la carga de la linterna y una cáscara interior semiesférica más tradicional. Es evidente que en un funcionamiento “puro” de cúpulas de fábrica este diseño presentaba multitud de problemas.

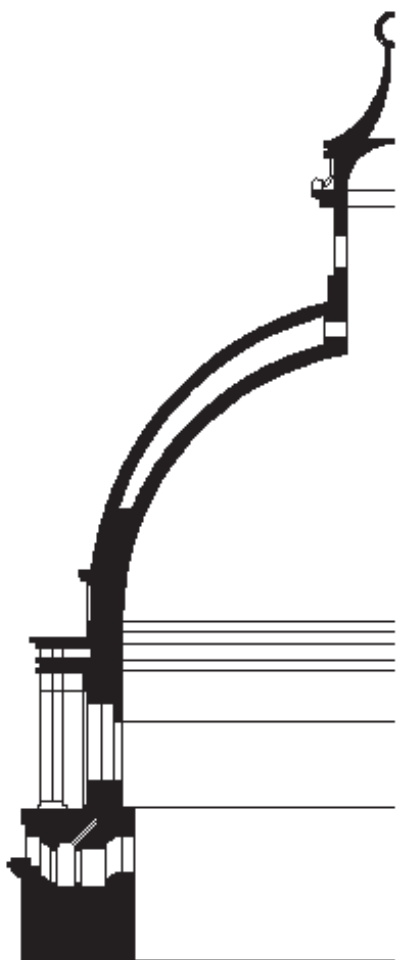


Fig.13. Sección tambor-cúpula-linterna de San Pedro.(Dibujo del autor).

La cúpula, que al final no pudo ver terminada Miguel Ángel, fue llevada a cabo siguiendo sus planteamientos por della Porta. Se mantuvo estable, a partir de entonces, con la aparición de sucesivas patologías durante los siguientes 200 años hasta que se temió por su estabilidad ya que el estado de fisuración que presentaba empezó a sembrar la alarma y se tuvo que intervenir con prontitud para evitar su colapso. Poleni acometió las obras de consolidación encadenando, nuevamente la cúpula.

Resultó, pues, evidente que el modelo no había funcionado. Las solicitaciones a respuesta de las tensiones no pudieron ser equilibradas por el conjunto pese a sus muchas argucias (tambor, zunchado, encadenado...).

Se había intentado forzar el comportamiento de una cúpula de fábrica hasta unos extremos y con una concepción errónea. La cúpula se ha mantenido en pie, claro, pero gracias a una vigilancia de su comportamiento severa y constante, a la par que sucesivas actuaciones de reparación. Se puede afirmar que esta cúpula tiene ciclos de vida de unos 200 años. ¿Qué es esto comparado con los casi dieciséis siglos que lleva en pie Santa Sofía?, ¿o los

600 años de las mezquitas de los sultanes? Pero por encima de ellas se alza orgullosamente el Panteón de Roma desde el siglo II, apenas sin patologías ni necesidades de intervención.

¿Nos demuestra ello la idoneidad de un sistema y el fallo de otro? La respuesta, a tenor de lo expuesto se antoja rotunda y contundente: sí. Está demostrado el mejor comportamiento mecánico de una cúpula de fábrica semiesférica (de tradición oriental) en lo mencionado arriba.

Estamos de nuevo ante el planteamiento de las cúpulas de tradición oriental y las de tradición occidental. Puestas en valor se antoja que el planteamiento de cúpulas orientales es más puro en cuanto a comportamiento mecánico y sumamente más efectivo a tenor de las distintas realizaciones ya expuestas.

La arquitectura clásica otomana fue fiel a sus raíces orientales y, en ningún caso, fue permeable, o ni siquiera optó por los métodos occidentales. La tradición, la experimentación y la pericia de sus constructores no lo necesitaban.

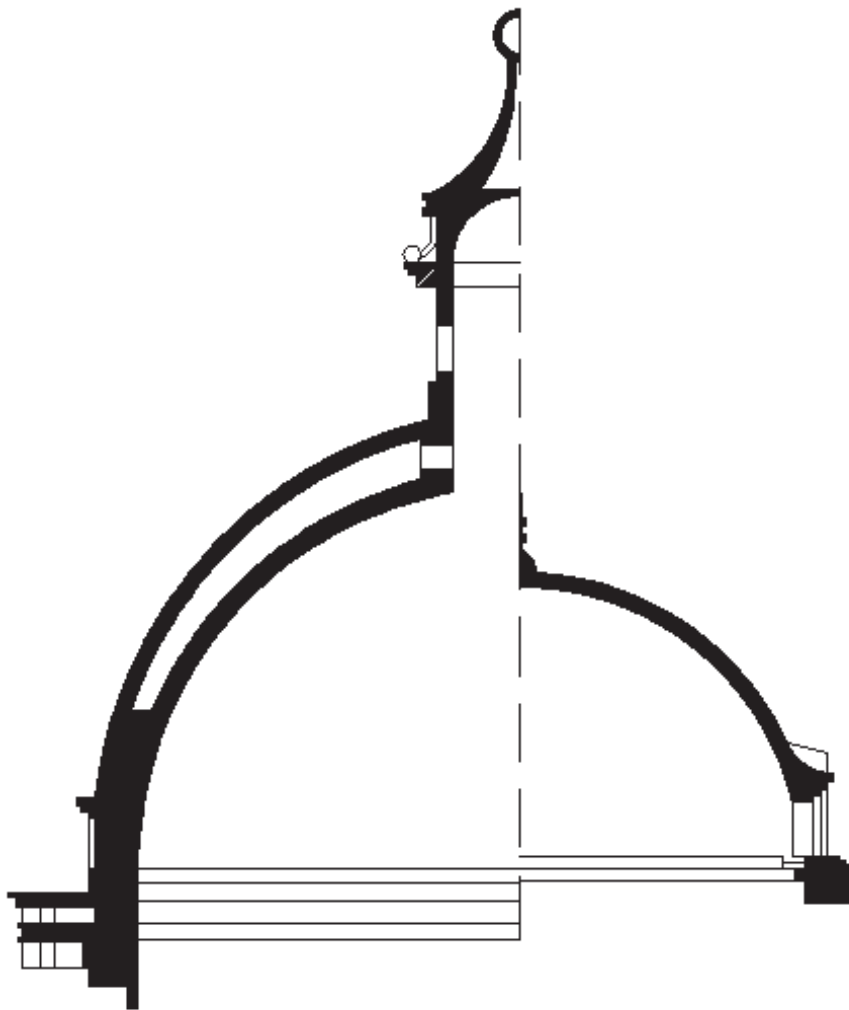


Fig.14. Comparativa sección cúpula de San Pedro, cúpula de Selimiye. (Dibujo del autor).

16. CONCLUSIONES 1. CONSTRUCCIÓN

Se va abrir, ahora, un apartado sobre el tema puramente constructivo de los edificios del estudio. Se empezará por Santa Sofía buscando afinidades con los modos de construir de las mezquitas de los sultanes, en especial las de Sinán para empezar a vislumbrar conclusiones que de sus relaciones se deriven.

Como dijo Chueca Goitia en su libro sobre Juan de Villanueva (1): “la vocación del arquitecto no puede satisfacerse sólo con idear y planear; es necesario, para que el artista goce la plenitud de su creación, que sus ideas se materialicen”. Esto debió ser sin duda lo que sintió no tanto Antemio e Isidoro, sino el mismo Justiniano cuando vio concluida la Iglesia de Santa Sofía, la maravillosa obra construida por el emperador “con la ayuda de Dios”.

Se sabe que Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto no tenían experiencia como arquitectos, pero si tenían claros aspectos geométricos, matemáticos y de organización. Santa Sofía era una obra de constructores. En Bizancio ya se tenía experiencia en ese campo, en parte heredada de las obras griegas, romanas y orientales, entendidas estas últimas como las ejecutadas en las regiones asiáticas del Imperio (Siria, Gerasa...).

Precisamente esta influencia oriental es lo que se plasmó en Santa Sofía. Los materiales y los métodos constructivos difieren de los de la Roma Republicana. El uso del ladrillo, originario de Mesopotamia, así como la utilización de grandes cantidades de argamasa (mortero de cal y arena con ladrillo fragmentado) caracterizaba las construcciones bizantinas. (2).

El contacto de Bizancio con el Asia Menor occidental facilitó el trasvase de técnicas, modos y materiales. Tampoco hay que olvidar la herencia helenística a este respecto.

La utilización de la piedra para edificios de mayor envergadura también era frecuente, especialmente una variedad de caliza de la zona. Durante el periodo de Justiniano se da un tipo de mampostería característico: la parte inferior de los muros, aproximadamente hasta el arranque de los arcos del primer piso, está construida con piedra; desde ese punto hasta arriba es de ladrillo. (3).

(1). Fernando Chueca y Carlos de Miguel. La vida y las obras del arquitecto Juan de Villanueva. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Instituto Juan de Herrera. Madrid 2011. p. 43.(op. ct.)

(2). Auguste Choisy. El arte de construir en Bizancio. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Instituto Juan de Herrera. Madrid 1997. (op. ct.)

(3).Cyril Mango. Arquitectura. Bizantina. Ed. Aguilar/Asuri. p.8.(op. ct.) Cyril Mango Alexander (nacido el 14 de abril 1928 en Constantinopla) es un británico erudito en la historia , el arte y la arquitectura del Imperio_bizantino . Él es un ex King College de Londres y Oxford y es profesor de lengua griega bizantina y moderna y de Literatura.

En Bizancio, la cúpula, elemento cimero de sus iglesias, se construía con los mismos principios generales que la bóveda esférica, es decir, apoyada en pechinas.

La diferencia entre ambas es que, así como la bóveda esférica forma con su casquete y las pechinas una superficie esférica común, la cúpula se construye con un radio menor que el de las pechinas que lo soportan. Esta distinción no afecta a la naturaleza de las pechinas, que son iguales en ambos casos (4).

El casquete de la cúpula estaba nervado o plementado, para producir cierto número de segmentos ahusados, que podían ser planos o cóncavos. Tales nervios o braguetones contribuían a la fortaleza de la cúpula, pero no eran constructivos, en el sentido de que, a diferencia de las nervaduras góticas, formaban parte de la mampostería entre ellos comprendida.

Recordar que la cúpula de Santa Sofía contaba con cuarenta de estos nervios.

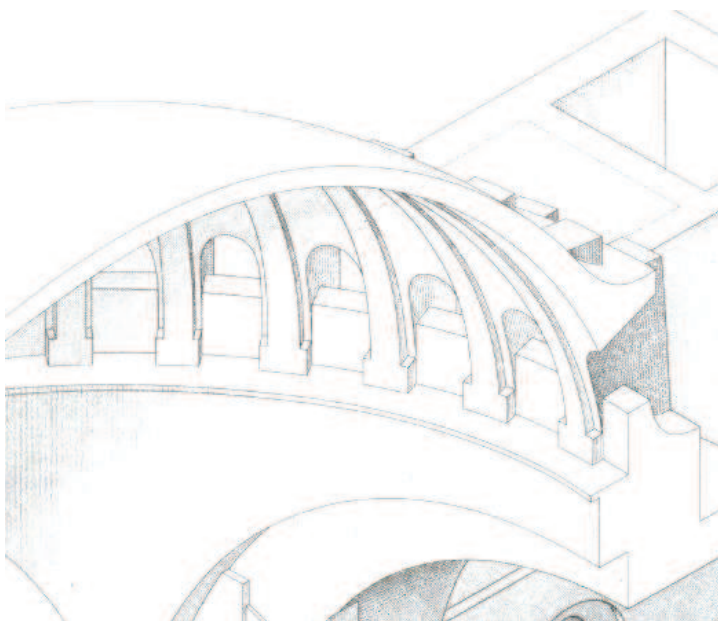


Fig.1. Sección de la cúpula de Santa Sofía en la que se aprecian los nervios. (Sobre un dibujo de A. Choisy).

(4). A. C. Creswell. *Early Muslim Architecture I. Parte II.* 2ª ed. (Oxford, 1969) pags. 470 y segs. (Bibliog. nº 27)

Los bizantinos, que conocían sobradamente las bóvedas de cantería, raramente osaron imitarlas. Pero lo que sí hicieron fue una ingeniosa aplicación de la idea; transportaron a las bóvedas de ladrillos el principio de los lechos cónicos.



Fig.2. Pequeña cúpula bizantina de ladrillos. (Fotografía del autor).

Colocaron los ladrillos por coronas sucesivas, que representan individualmente pequeñas superficies cónicas. Alguna vez se construyeron los riñones de la bóveda por hiladas de sillarejos sentados horizontalmente, excepto en el casquete superior. (5)

Este casquete embutido se adapta muy bien a las necesidades económicas de los bizantinos, pues permitía la supresión de cimbras.

Los ladrillos de una hilada se colocaban sobre una capa de mortero que los fijaba a la hilada precedente. Después, una vez terminada esta segunda hilada se comporta como un tronco de cono con el vértice apuntando hacia abajo, que no podía ni deformarse ni descender, manteniéndose en su posición y sirviendo, a su vez de superficie para hiladas sucesivas. Una cimbra no sería más que un estorbo.

Construir una bóveda sin cimbras es ejecutar la fábrica por hojas sucesivas que poseen individualmente una estabilidad propia. La cimbra autoportante se dispone en el arranque de la propia cúpula y se va desplazando a medida que se colocan las hiladas.

(5). Este caso se puede apreciar en las fortificaciones de la ciudad de Kutaia. Choisy. (El arte de construir en Bizancio. (Op. ct.)

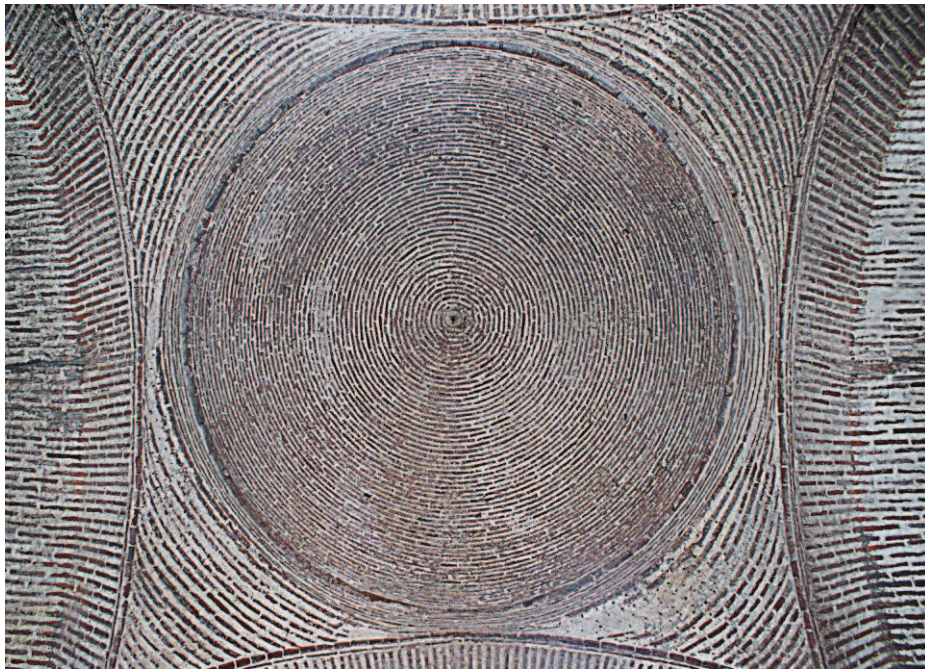


Fig.3. Cúpula bizantina sobre pechinas. Fábrica de ladrillo. (Fotografía del autor).

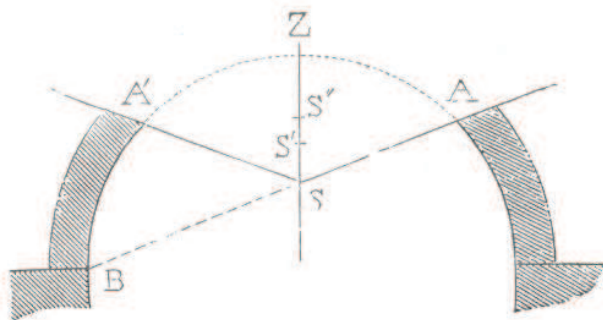


Fig.4. Regla geométrica para determinar la inclinación de los lechos cónicos de una cúpula de ladrillo. (Choisy. 1873.El arte de construir en Bizancio, op. ct.)

Una cúpula está normalmente embebida en la base dentro de un muro perimetral de fábrica que ciñe hasta la altura de los riñones y se empalma con el trasdós de aquella con una contracurva.

Es en este muro donde se abren los huecos de iluminación, que reducen esa envolvente a una serie de pedazos discontinuos que forman contrafuertes en el intervalo entre un hueco y otro.

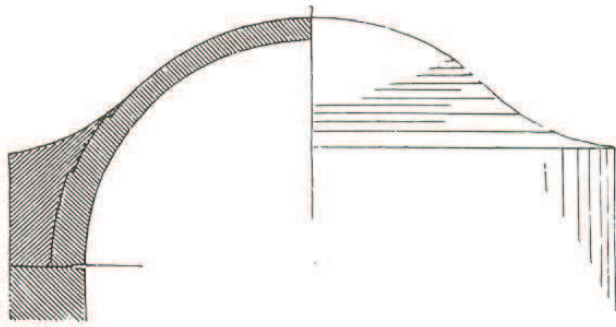


Fig.5. Cúpula embebida en la base de un muro perimetral de fábrica. (Choisy. El arte de construir en Bizancio)

Este aspecto es sumamente interesante en las cúpulas de fábrica, ya que estas al hacer asiento, las grietas propias de la parte traccionada de la cúpula buscan el camino de las ventanas o huecos, con lo que no aparecen graves patologías en forma de fisuras como si lo hacen en cúpulas que no atienden a esta particularidad.

En efecto, aún al aparecer grietas en esa zona traccionada, la cúpula sigue siendo estable. Estas grietas aparecen, generalmente, por el cambio de las condiciones de contorno.

Es evidente, pues, que la aparición de esas grietas no afecta gravemente a la estabilidad, pero si además, se abren huecos en las mismas ello no altera sustancialmente el comportamiento mecánico de la cúpula. Por decirlo de otra manera; las ventanas estarían situadas en la zona de la cúpula que no la compromete mecánicamente.

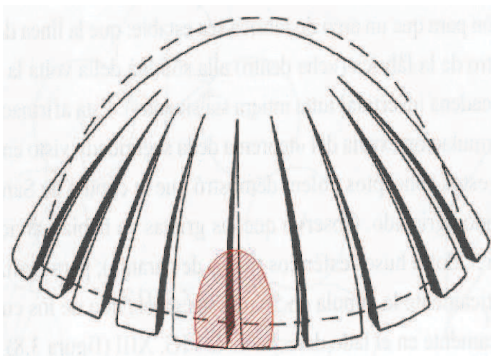


Fig.6. Esquema de apertura de huecos en las grietas radiales de una cúpula semiesférica de fábrica. (Autor, sobre un dibujo de Heyman. El esqueleto de piedra.)

Esto se observa claramente en la cúpula de Santa Sofía y, en general en las cúpulas bizantinas anteriores al siglo IX. De esta época viene la costumbre de elevar las cúpulas sobre tambores cilíndricos a modo de verdaderas torres en la cima de los edificios.

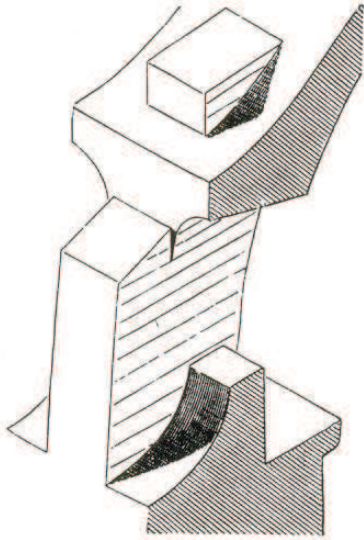


Fig.7. Arranque de cúpula perforado por ventanas. Santa Sofía de Constantinopla. (Choisy. 1873. El arte de construir en Bizancio)

Esta característica se aprecia también en la arquitectura otomana. Sus cúpulas presentan también esta opción en cuanto a la posición de los contrafuertes y las ventanas. Resulta obvio que la solución de Santa Sofía fue retomada por los arquitectos otomanos. Estamos ante un planteamiento y unas soluciones eminentemente orientales, tanto por el uso de los materiales como por los procedimientos.



Fig.8. Arranque de la cúpula de Santa Sofía.

Esta semejanza es solo aparente. Los arcos meridianos de una bóveda occidental eran independientes de los rellenos de hormigón; se terminaban antes, les servían de apoyo y quedaban finalmente embebidos en ellos. Por el contrario, las nervaduras de Santa Sofía se construyen al mismo tiempo que los paños de relleno, y se ligan al resto de la bóveda por la continuidad de las mismas hiladas cónicas.

La utilidad del esqueleto romano consistía en preservar a las cimbras del peso de la bóveda. En Santa Sofía los nervios no tienen otro papel que el de rigidizar y volver menos deformable la delgada cáscara que constituye la cúpula (unos 80 centímetros). La diferencia es capital.

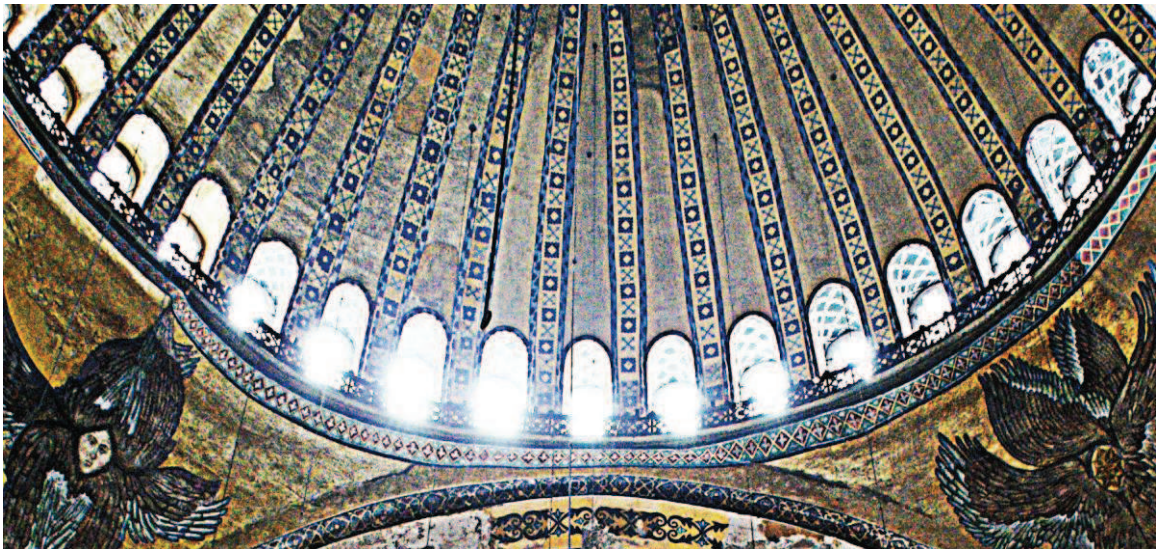


Fig.9. Vista interior de la cúpula de Santa Sofía. Nervios y ventanas.(Fotografía del autor).

Las dos semicúpulas de contrarresto o bóvedas absidales de Santa Sofía son, en la práctica bóvedas de horno. Una bóveda de horno o de cuarto de esfera

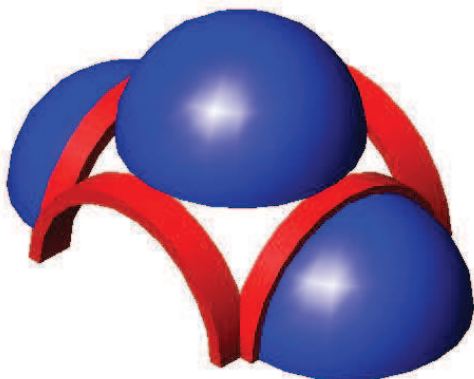


Fig.10. Esquema cúpulas principales. (Autor)

no es, en definitiva, más que una bóveda semiesférica cortada por un plano vertical.

Parece entonces natural construirla como tal bóveda esférica, es decir por lechos que en este caso también serán de ladrillo.

La extrema facilidad de ejecución que presentaban las cúpulas hizo pensar a los constructores bizantinos en adaptarlas a plantas poligonales. Como una superficie esférica sólo encuentra su asiento natural sobre una base circular (ejemplo fundamental es el Panteón de Roma), concibieron la manera de pasar del polígono al círculo mediante “elementos” intermedios.

Este apoyo, cuya forma natural era la de un triángulo esférico, fue el origen de la pechina.

La idea de la pechina se manifiesta, pero tímidamente o de forma incipiente, en la arquitectura romana de Occidente. En el templo de Minerva Médica, por ejemplo, la pechina existe, pero reducida a un simple voladizo de hiladas horizontales, cuya forma es además muy indecisa y vaga.

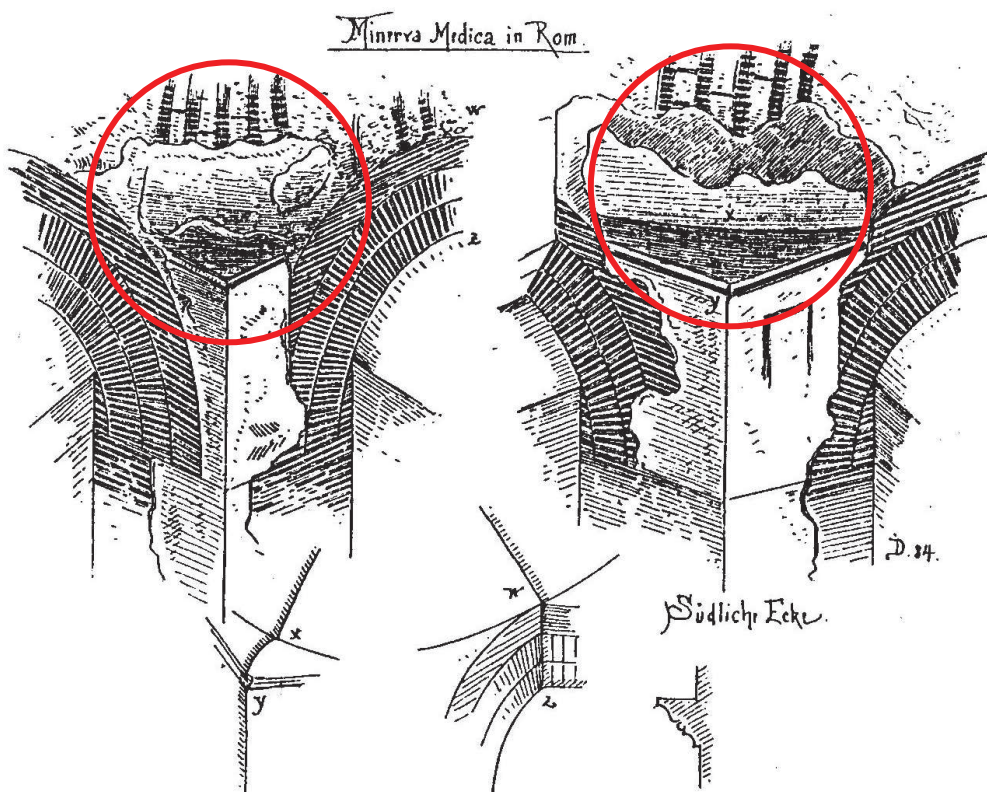


Fig.11. Minerva Médica. Roma. (Cornelius Gurlitt, “Die Baukunst Konstantinopels”. Berlín, 1907-12.)

Completamente diferente es el aspecto de las pechinas en los monumentos orientales. Las superficies forman triángulos esféricos bien definidos, que resultan de la intersección de una esfera central con los planos de los muros.

Los lechos, a su vez, adquieren la conicidad propia de los lechos de una cúpula; tanto por su estructura, como por su forma, las pechinas no son otra cosa que paños triangulares, cortados en una bóveda esférica.

Es evidente que cuantos menos lados tiene el polígono base, más vuelo tienen las pechinas, y más delicada se hace su ejecución.

Para generar las pechinas de una bóveda de base octogonal se obtendrían porciones de una esfera delimitadas por los ocho planos verticales del perímetro, y serían necesarias trompas para pasar a una base cuadrada. Si en vez de esto se intersectara la esfera con un prisma cuya base sea un cuadrado, se obtendría un tipo de bóveda que se adapta directamente a la planta, que ya no necesita recurrir a las trompas.

Esta extensión tan sencilla de la idea se les escapó por completo a los constructores romanos de Occidente. Incluso en Oriente no se verá prevalecer más que al final de una serie de tanteos, que demuestran con cuanta lentitud se deducen las consecuencias de un principio.

En cuanto al modo de ejecución, puesto que una pechina no es más que un segmento de cúpula, parece evidente pensar que su ejecución será la misma, esto es, se construirá por lechos igual que la cúpula.

A nivel de nacimiento del casquete, la planta general de la bóveda se apartará de la forma circular de las maneras indicadas en la figura 12.

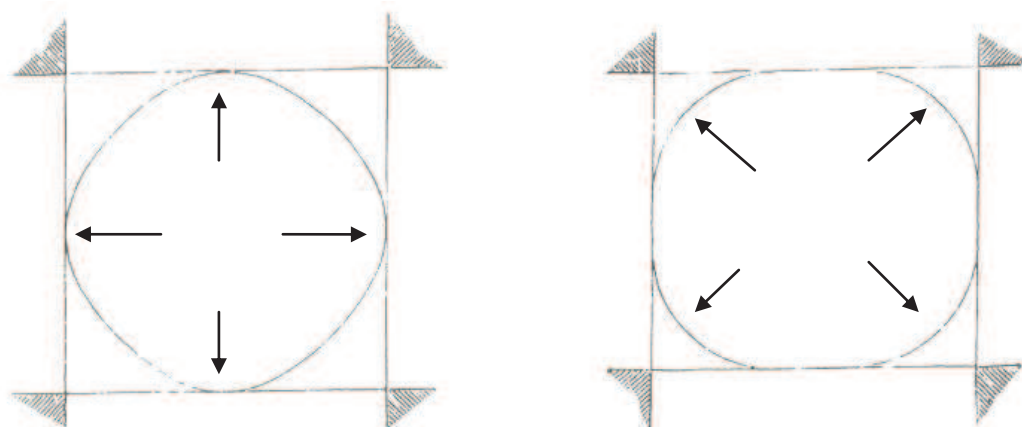


Fig.12. Posibles deformaciones en el arranque de una cúpula. (Autor sobre dibujo Choisy).

Estas deformaciones se hicieron patentes en la cúpula de Santa Sofía, aunque los problemas empezaron ya durante su construcción. Como se explicó en su momento la cúpula debía tener un diámetro de 100 pies bizantinos, aproximadamente 30 metros, pero al final resultó no una bóveda de base circular sino elíptica, ya que uno de los diámetros se deformó hasta alcanzar los 32 metros.

Las causas de esta deformación ya han sido explicadas con profusión.

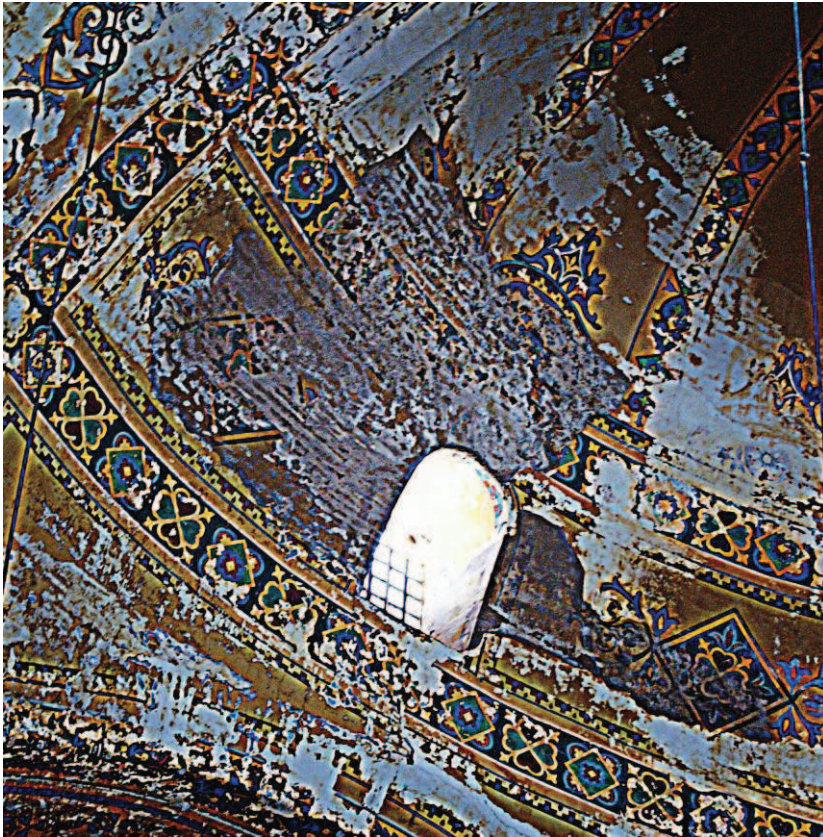


Fig.13. En esta imagen se hace patente la fábrica de ladrillo de la cúpula de Santa Sofía en las zonas donde el revoco está deteriorado. (Fotografía del autor).

En cualquier caso la idea de atribuir al casquete un radio menor que el de las pechinas prácticamente no se manifiesta antes del siglo VI, y la cúpula de Santa Sofía es uno de los más antiguos ejemplos fechados con autenticidad.

La utilización de pechinas en Santa Sofía se antoja la necesaria, ya que una bóveda sobre pechinas concentra su empuje sobre sus cuatro ángulos, y en la iglesia no hay más que cuatro gruesos pilares como macizos resistentes, por tanto sólo puede concebirse un sistema de cuatro pechinas.

Siguiendo con este criterio se puede leer en cualquier planta bizantina cual es el sistema de abovedamiento que le corresponde.

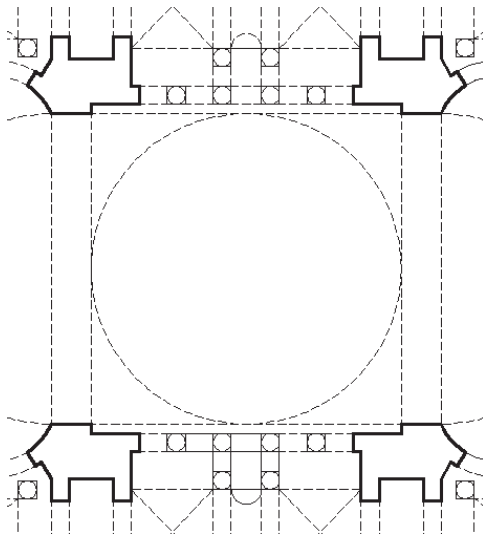


Fig.14. Santa Sofía. Planta. Soportes principales de la cúpula. (Dibujo del autor).

Otro elemento característico y fundamental de la construcción bizantina son los tirantes. En el problema siempre delicado de asegurar el equilibrio de los edificios abovedados, los bizantinos debían tener en cuenta una circunstancia; las convulsiones subterráneas a las que en Oriente está expuesto, sin cesar, el terreno.

Las crónicas del bajo Imperio mencionan en cada página edificios derruidos por los temblores de tierra. En un solo reinado, el de Justiniano, Antioquía se derrumba, después Beirut, Nicomedia: los edificios de Constantinopla son dañados a su vez. (6).

A la vista de estos desastres que se producían sin cesar cabría preguntarse, sino hubiera sido mejor emplear ligeras estructuras de madera en lugar de esas pesadas bóvedas que amenazaban, a la menor sacudida, con agrietarse y hundirse. En realidad no es así. Choisy comenta como después de algunos de esos temblores de tierra visitó a mediados del siglo XIX una ciudad de Asia Menor en ruinas, concretamente la ciudad de Eчекli y observó que las mezquitas coronadas con cúpulas, se levantaban casi intactas en medio de los escombros. (7). Su conservación se debía a la estructura misma de las bóvedas. Éstas no se sostenían únicamente gracias a grandes macizos de estribo; estaban ceñidas por una cadena de piezas de madera contra las que las trepidaciones no podían hacer nada.

La costumbre de encadenar así las bóvedas y los propios muros es tan antigua como las mismas civilizaciones asiáticas.

(6). De relatos de Procopio de Cesarea (*De Aedificiis*) . Recordar que este autor fue el cronista oficial de Justiniano y recoge ampliamente en sus escritos aspectos referentes a la construcción de Santa Sofía entre otros. (op. ct.)

(7). Auguste Choisy. *El arte de construir en Bizancio*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Instituto Juan de Herrera. Madrid 1997. P.116 y sucesivas. (op. ct.)

Limitándose a los ejemplos bizantinos hay pocos edificios del bajo Imperio que no estén consolidados así en todas sus partes por recuadros de madera, más o menos visibles, habitualmente embebidos en el grosor de las fábricas.

Independientemente de las garantías que ofrecían contra los movimientos del terreno, estas cadenas tenían una utilidad muy clara durante la construcción de los trabajos: impedían que las fábricas, todavía frescas, sufrieran deformaciones accidentales que habrían alterado su regularidad y tal vez comprometido su duración. Además, en caso necesario habrían podido actuar, momentáneamente como estribos.

Pero los bizantinos eran constructores lo suficientemente prudentes y experimentados como para confiar la estabilidad de sus bóvedas a estos refuerzos artificiales de duración esencialmente limitada y reparación imposible. Sabían que la madera privada de aire se pudre y degrada con rapidez; para ellos el encadenado era una medida de prevención. Se puede decir que no consideraban su ayuda más que en dos momentos: durante el periodo de asiento y en caso de sismo.

A los esfuerzos permanentes oponían un sistema de contrarresto como si los tirantes no existieran.

En cuanto a los encadenados de hierro sólo existían en las construcciones de cantería, intercaladas en los lechos, y rematadas en cola de carpa.

La mayor parte de las arcadas bizantinas se mantienen en pie gracias a tirantes que anulan los empujes y se oponen a las deformaciones. Estos tirantes son de hierro en Santa Sofía, pero lo habitual es que fuesen de madera, como ya se ha dicho, y que se anclen en las fábricas en el encuentro con el soporte.

En las bóvedas de arista o en las cúpulas sobre pechinas, el encadenado consiste en un sistema de tirantes dispuestos en caja, que ensamblados a media madera constituyen a nivel de los arranques, o mejor todavía, a la altura de los riñones, un cerco inextensible que absorbe los empujes.

Los bizantinos establecieron una distinción muy clara entre los encadenados con un papel permanente y aquellos cuya función, puramente transitoria, se reduce a evitar, durante la obra, empujes o asientos. El aspecto mismo del encadenado revela esta distinción, como puede verse en las primitivas cadenas de las naves de Santa Sofía. La mayor parte de estas piezas tenían un papel provisional (para evitar movimientos de las fábricas durante el proceso de construcción y fraguado) y, toscamente escuadradas, apenas penetraban en la superficie de los paramentos; las otras, con un papel permanente, estaban talladas en toda su superficie y se conservan hasta hoy.

En la figura 15 se aprecia la situación de los tirantes permanentes. Pero estos, los que ahora vemos, son de hierro porque al quitar los provisionales de madera con las fábricas aún frescas, empezaron a experimentarse deformaciones, lo que hizo que se sustituyeran apresuradamente los tirantes por barras de hierro, laboriosamente ancladas.

Finalmente, se pudo evitar la ruina de las bóvedas y esta tentativa fallida fue una lección de prudencia que los arquitectos de siglos venideros supieron aprovechar.

Muy pocas veces se arriesgaron a construir un edificio cuyas bóvedas no estuvieran aseguradas con tirantes vistos.

Por fin, en la época de la invasión otomana, el empleo del hierro se hace general.

Los arquitectos mantienen con la ayuda de cadenas de hierro siempre visibles, las bóvedas de las grandes mezquitas de Estambul.

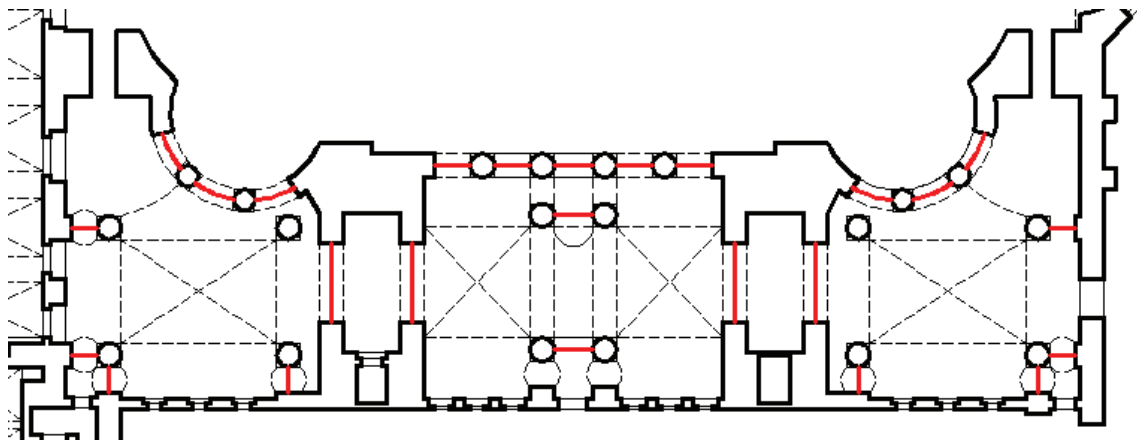


Fig.15. Santa Sofía. Situación de los tirantes en las naves laterales. (Dibujo del autor).

Se han visto, en este apartado, aspectos puramente constructivos del modo de hacer de los edificios bizantinos y por extensión de sus cúpulas. En primer lugar elementos, materiales y tipos de fábrica.

Las fábricas de ladrillo, que luego pasaron a ser mixtas de ladrillo y piedra en Bizancio, eran diferentes a las de Occidente. Por ejemplo, recordar que si el

ladrillo romano medía algo menos de 30 centímetros de largo, en Constantinopla tenían entre 35 y 38 centímetros de longitud y eran cuadrados. Posteriormente, ya cercano en siglo XIV, eran habituales las fábricas de mampostería.

También se ha referenciado la forma de construir las cúpulas por lechos cónicos de ladrillo, como y de qué manera se elaboraban dichas cúpulas y cuáles eran sus antecedentes tradicionales y a que se debe su surgimiento y el modo de ejecución. En efecto, este modo de ejecución de cúpulas es característico exclusivamente de Oriente y posiblemente tuviese su primera aparición a gran escala en la ciudad de Gerasa (actual Jordania).



Fig.16. Iglesia bizantina. Cúpula (con ventanas) sobre pechinas. Fabrica de ladrillo. (Fotografía del autor).

Se aborda una comparativa con los modos de hacer de la Roma Imperial y cuáles eran sus diferencias respecto a los modos orientales.

Otro aspecto a tener en cuenta, sobre todo en relación a la ejecución de cúpulas, ha sido la relación de bases de dichas cúpulas y su forma de apoyo, bien sobre muros o sobre robustos soportes, así como su elaboración. Se resalta la aportación definitiva de la construcción bizantina al nacimiento de las pechinas como elemento de paso de base cuadrada a cúpula de base circular.

Característico también de la construcción de estos monumentos es el tema de las cadenas y los tipos de encadenamiento así como sus funciones.

Todo lo visto anteriormente se relaciona de forma precisa con la construcción de Santa Sofía, en lo que a elementos, materiales, tipos de fábrica, disposiciones y construcción de las cúpulas se refiere, resultando un pequeño compendio de forma de construir.

Resaltar por encima de todo, que la arquitectura bizantina era una obra de constructores. Los bizantinos carecían del potencial de los romanos en el campo de la construcción y tuvieron que suplirlo con oficio.

El siguiente paso es relacionar estos modos y maneras de construir propiamente bizantinas con la manera en que se construyeron las mezquitas, ya otomanas, a partir de la conquista de Constantinopla y en qué medida la impronta de Santa Sofía, se reveló como fundamental.



La primera mezquita cupulada, entendida como de cúpula única, aún conservada, es la largamente referida, Uç Serefeli en Edirne de 1447. No olvidar que acaso esta mezquita fuese la evolución definitiva de la Ulu camii de Bursa de 1396 y la Eski camii de Edirne de 1414, que no eran sino una especie de solución mixta entre hipóstila y cupulada.

Estas mezquitas se levantaron en el territorio, antaño bizantino, de las ciudades de Bursa y Edirne, ambas capitales sucesivas del incipiente Imperio Otomano.

Con la Uç Serefeli se produjo un punto de inflexión de mirada más crítica a la construcción bizantina.

Por ejemplo, la construcción de muros de fábrica de ladrillo o mixta de ladrillo y piedra de la Ulu camii y la Eski camii, se torna definitivamente de mampostería en la Uç Serefeli.

Los arquitectos otomanos tenían tras de sí un bagaje constructivo heredado de sus múltiples influencias orientales. Al ir adentrándose en territorio bizantino empezaron a asimilar otros modos constructivos y nuevas técnicas de ejecución.

Tras la caída de Constantinopla, la construcción de mezquitas cupuladas, a modo de Santa Sofía, comenzó a ser una constante.

Mehmet II “El Conquistador” no ocultó el impacto que tuvo la observación de la iglesia de Santa Sofía, ya que la respetó y la convirtió en mezquita, acaso una de las más veneradas a partir de ese tiempo por los otomanos.

Fue este Sultán el primero que inició la carrera hacia la ejecución de mezquitas cupuladas a modo de la gran iglesia de Isidoro y Antemio. Con la Uç Serefeli ya estaba dado el primer paso, pero con la conquista de Constantinopla el camino estaba definitivamente marcado.

La mezquita de Mehmet II, también llamada Fatih camii, puede considerarse la primera de las llamadas mezquitas de los sultanes, casi todas ellas levantadas en Estambul.

En 1470 se consagró dicha mezquita y en su ejecución no podía ocultarse la inspiración que ejerció en su modo de hacer y en su tipología la ya mezquita de Santa Sofía.

La planta de la mezquita era la de un cuadrado precedido de un patio abierto. La sala de oración estaba cubierta con una cúpula semiesférica de 26 metros de diámetro y contrarrestada a un lado por otra semicúpula y al otro por un potente muro.

La fábrica era de piedra, al igual que los arcos más importantes siendo los secundarios todavía de ladrillo. El modo de ejecución de la cúpula así como los materiales empleados tenían mucho que ver con lo observado en Santa Sofía.

Los muros exhibían un grosor de unos 2 metros y los arcos diafragmas de sustento de la cúpula principal tenían un grosor de 3 metros.

La contundencia y la potencia de estos elementos pueden dar idea de que se estaba jugando a favor de la seguridad. Recordar que el espesor de los muros de fábrica de ladrillo de Santa Sofía no llegaba al metro y que su cúpula estaba a más altura y tenía mayor diámetro que la de Fatih camii.

De cualquier manera volver a recordar que todo lo enunciado anteriormente no se puede constatar en la realidad, ya que, esta mezquita se vino abajo en el terremoto de 1766 y que la que ahora se puede admirar fue la reconstrucción, en época ya barroca, que tuvo lugar en 1771, por Mustafá III.

La siguiente referencia, esta en perfecto estado de conservación, es la mezquita que levantó el hijo de Mehmet II, la mezquita de Bayaceto II erigida entre 1500 y 1506.

En esta mezquita si se volvieron los ojos a Santa Sofía ya que su tipología es similar, acaso constituye un tributo a esta. La planta es cuadrada y está cubierta por una cúpula flanqueada por dos semicúpulas. Aunque de modesto tamaño, se puede considerar casi una réplica formal de Santa Sofía a excepción, eso sí, de las naves laterales que son cupuladas y no abovedadas

La fábrica de los muros de la mezquita de Bayaceto II es totalmente de piedra perfectamente labrada en todos sus paramentos. Los cuatro macizos de sostén de la cúpula son también de piedra y se pueden observar grapas metálicas en ellos para afianzar su estabilidad. Las columnas solían ser monolíticas de granito o mármol y, en su mayoría, procedentes de antiguos edificios romanos.

Los muros exteriores ya no llegan a 2 metros de espesor y los soportes principales miden del orden de 2 x 2 metros. Aparecen contrafuertes de piedra en los muros para consolidar el empuje de la cúpula en las direcciones perpendiculares de los soportes. Esto indica que los muros empiezan a cumplir una función más de cerramiento que de soporte. Recordar que esto ya estaba presente en Santa Sofía cuyos muros tenían un espesor aproximado de 80 centímetros, lo que indicaba su nula aportación a la transmisión de cargas.



Fig.17. Grapas metálicas en los macizos de la mezquita de Bayaceto II. (Fotografía del autor).

Esta mezquita resulto dañada en sendos terremotos en 1509 y 1766 y, por ello fue reparada y consolidada a lo largo de los siglos XVI y XVIII respectivamente. En cualquier caso su racionalidad estructural contribuyó a su estabilidad.

Por lo que se refiere ya a la cúpula, apuntar que la similitud formal con la de Santa Sofía es patente, así como su manera de construirla. Es una cúpula semiesférica cuyo ángulo de apertura ronda al de Santa Sofía. Cuenta, también con ventanas en su fábrica de ladrillo y con un “cinturón” de contrafuertes al exterior. Es, en esencia, una réplica a escala de ella.



Fig.18. Cúpula de la mezquita de Bayaceto II. Estambul.

Este tributo a Santa Sofía ya hacia atisbar claramente la omnipresencia de la misma en la arquitectura clásica otomana.

A partir de aquí la búsqueda del espacio centralizado de cúpula única y la inspiración de Santa Sofía marcarán el camino seguido por Mimar Sinán; el arquitecto clásico otomano por excelencia.

Para resaltar la influencia que tuvo la iglesia de Justiniano, baste decir que el mismísimo Sinán participó en labores de consolidación y reparación del antiguo monumento cristiano sobre el año 1573. Sinán aprovecharía cuidadosamente lo evidenciado en Santa Sofía, como escribió el poeta y cronista Mustafa Sâi Çelebi, (8) en relación a los diálogos y discusiones de Sinán concernientes a las características constructivas y estructurales del gran edificio cupulado cristiano, y su influencia sobre la arquitectura islámica.

Esto tiene su importancia ya que los arquitectos cristianos de la época, reclamaban la magnificencia del edificio y, cómo no, de su impresionante cúpula, proclamando la dificultad de su repetición y la imposibilidad de la capacidad de los arquitectos musulmanes para superarla.

Quizá este reto fue el que aceptó Sinán; la búsqueda de una cúpula mayor que la de Santa Sofía.

En cualquier caso, como demostró la historia, si alguien era capaz de ello, sin duda este era el llamado “Miguel Ángel otomano”.

(8). S. Saatçi. Mimar Sinán ve Tezkiret ül-Bünyan, Ed. M. Sözen (Istanbul 1989), 114, 170-1.(Bibliog. nº 107)

R. M. Meriç. Mimar Sinán, Hayati, Eseri (Ankara 1965), 61. .(Bibliog. nº 90)

Tras el camino recorrido por los arquitectos otomanos, a partir de la toma de Constantinopla, y la revolución de ideas y nuevas formas, así como la presencia de Santa Sofía como elemento de estudio, se inició un cambio sustancial en la construcción de mezquitas.

La Fatih camii fue la primera mezquita otomana en plantear una cúpula sobre cuatro soportes antes de Sinán.

Mimar Sinán cogió el testigo como constructor de mezquitas bajo el sultanato de Süleyman “El Magnífico”.

Las cúpulas otomanas tempranas eran cáscaras semiesféricas de ladrillo con un cinturón de fábrica en sus bases. Esta cúpula o pseudo cúpula creaba una visión muy sólida y austera que es típica hasta primera la mitad del siglo XV. En general, el cinturón o zuncho era poligonal al exterior y, raramente, cilíndrico.

Las cúpulas habitualmente estaban caladas con cuatro huecos coincidiendo con los cuatro puntos cardinales o con ocho si el zuncho era octogonal.

Por ejemplo, el grosor del tambor en la Uç Serefeli era de 1.5 metros y la altura, contada desde la base interior de la cúpula, de unos 4.5 metros.

Las mezquitas otomanas empezaron a tener más ventanas en la cúpula o cúpulas en la segunda mitad del siglo XV.

Las ventanas circundantes de la cúpula de Santa Sofía debieron causar gran admiración y su técnica fue incorporada, inmediatamente a la Fatih camii, aunque modelos contemporáneos de esta eran todavía arcaicos.

El esquema se fue completando con la adición de contrafuertes en este zuncho entre ventanas o grupos de ventanas.

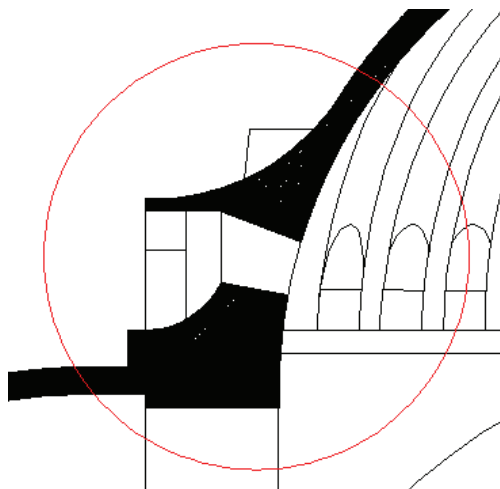


Fig.19. arranque cúpula de Santa Sofía. (Autor)

Se está hablando ya de una tipología constructiva consolidada: cúpula de ladrillo zunchada por un cinturón de fábrica, con apertura de huecos e incorporación de contrafuertes en el zuncho.

Otro elemento que surge a partir de la Fatih camii es la incorporación de una galería interior en la base de la cúpula, posiblemente su uso sería el de mantenimiento de las lámparas de aceite, que se utilizaban para su iluminación.

Otro factor a tener en cuenta fue la variación que experimentó la construcción de las cúpulas de contrarresto al modo de Santa Sofía. En la iglesia bizantina el mismo arco que soportaba la cúpula central servía para apearse las dos semicúpulas de contrarresto. No así en las mezquitas otomanas ya que la cúpula principal y las semicúpulas descansaban en arcos independientes, constituyendo dos cuerpos separados de arcos.

En un principio, por ejemplo en la Fatih camii y en la mezquita de Bayaceto II los arcos principales eran semicirculares de fábrica, al modo de Santa Sofía, pero a partir de aquí se constituyen apuntados al modo oriental, como se puede ver en las obras de Sinán, y que constituirá ya la tradición otomana.

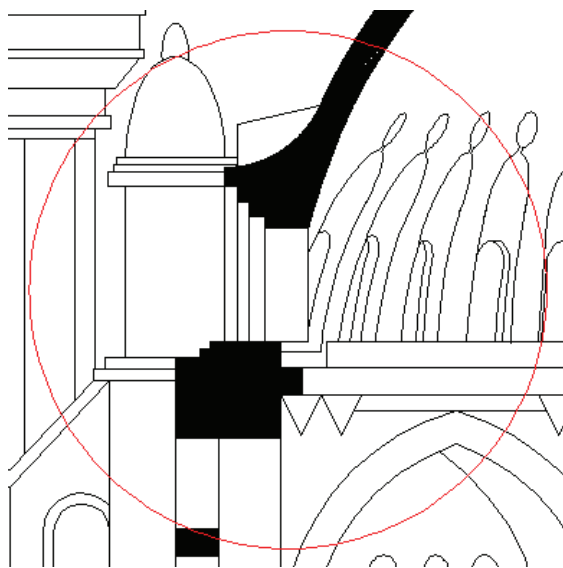


Fig.20.Arranque de la cúpula de la Selimiye en Edirne. Sinán. (Dibujo del autor).

La aparición de contrafuertes de mampostería de las mezquitas tiene, también su origen en los de Santa Sofía.

Antes de la conquista de Constantinopla estos elementos no estaban presentes en sus mezquitas, posiblemente debido al modesto tamaño de sus cúpulas. Pero a partir de la Uç Serefeli y el tamaño de su cúpula se hicieron necesarios

estos elementos. En un principio no estaban ligados a la propia fábrica de los paramentos estructuralmente, pero a partir de Sinán ya formaban un conjunto con ellos.

Este elemento fue de suma importancia ya que posibilitó el crecimiento del tamaño de las cúpulas.

Aparte de su masa y su función constructiva y estructural que observó en Santa Sofía, Sinán supo dotarlos de cierto estilo formal al hacerlos a modo de arquerías superpuestas.

En los edificios otomanos las cadenas de atirantamiento permanente se constituían en su totalidad de hierro y eran fundamentales para la estabilidad de los monumentos. De nuevo la experiencia de Santa Sofía fue determinante. Sinán las utilizó con maestría en sus tres grandes obras. Tanto para la estabilidad de las naves laterales como para cercar el perímetro de las cúpulas.

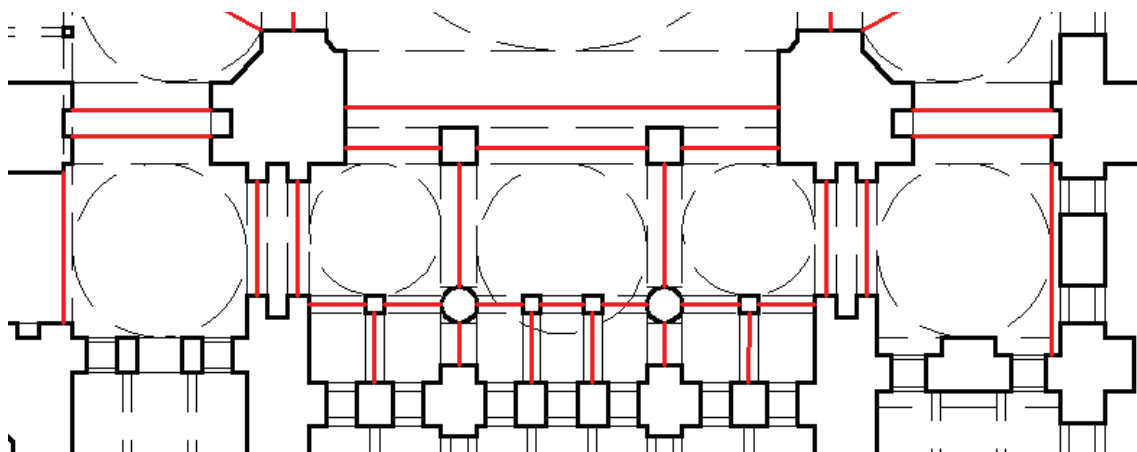


Fig.21. Sistema de atirantamiento de las naves laterales de la Suleimaniye. (Dibujo del autor).

A modo de resumen se hará referencia a las técnicas y materiales que se utilizaron en las mezquitas de Sinán, de forma general. (9)

(9). Reha Günay. Sinán. The architect and his Works. YEM Publication. 6ª ed. Abril 2009. Istanbul. (op. ct.) Este libro se antoja de lectura obligatoria. Hace un recorrido por las obras de Sinán, por tipologías y por épocas. Recoge abundante información sobre el arquitecto y el contexto social y cultural en el que se ejecutaron los edificios.

Está profusamente ilustrado y acomete todos los aspectos de la obra de Sinán; formales, técnicos, constructivos, decorativos, etc. Es, en resumen, un perfecto decálogo sobre Sinán tratado con la importancia que se merece, y además desde el punto de vista oriental (Turco), que es una gran diferencia si la fuente es occidental.

Las cúpulas y bóvedas estaban hechas de ladrillos especiales que iban siendo más delgados a medida que se incrementaba la luz y se iban acercando al cierre de la cúpula.

Bandas de hierro rodeaban y reforzaban la cúpula al nivel de las ventanas situadas en la parte baja de la misma donde la tracción tiende, de forma natural, a abrir la cúpula.

La superficie interior de la cúpula estaba recibida con arena y la cubierta exterior constituida a base de hojas de plomo.

Por su parte los elementos de transición como las pechinas estaban hechos de piedra, ladrillos o filas alternativas de ambos materiales. Las superficies de ladrillo estaban cubiertas con escayola o azulejos y los motivos decorativos eran de escayola o de piezas de piedra talladas.

Los grandes arcos estaban constituidos por piedras en roscas alternativas de diferentes colores. Las arquerías más pequeñas o secundarias eran de filas de piedra y ladrillo o, exclusivamente de ladrillo. Los arcos estaban atados entre sí mediante barras de hierro ancladas en la parte superior de los soportes o en el arranque de dichos arcos. Los arcos de las ventanas estaban decorados con placas de mármol.



Fig.22. Arcos del patio de la Selimiye. Se observa la alternancia de piedras de colores en ellos así como su apuntamiento y sus tirantes de hierro originales. (mantenimiento de la forma basada en la correcta geometría).

Las columnas y pilares de patios y galerías generalmente eran monolíticos de granito, porfido o algún otro tipo de mármol y eran, a menudo, aprovechados de antiguos edificios romanos. Sin embargo las columnas nuevas eran de mármol de la isla de Mármara, o de granito. Los capiteles estaban decorados con motivos variados; desde estalactitas a puntas de diamante. En la mayoría de ellas la base del capitel estaba abrazada por un anillo de bronce.



Fig.23. Fabrica en la que se alternan tres hiladas de ladrillo y una de piedra. Madrasa del complejo de Soküllu Mehmet Pasha. Sinán.

Por lo que respecta a las paredes, tanto la cara exterior como la interior, estaban constituidas por piedras talladas. El hueco entre ambas estaba constituido por un relleno de mortero, pequeñas piezas de piedra y cascotes. Por lo general el tamaño de las placas de piedra estaba normalizado. También se podía encontrar fachadas con filas alternativas de piedra y ladrillo. En este caso el recurso más habitual consistía en alternar dos filas de ladrillos, seguidas de una fila de piedra y después otras tres filas de ladrillos. Las piedras eran, a menudo, grapadas con elementos metálicos. Otro tipo de mortero utilizado era el de cal con polvo de ladrillo, menos resistente que el anterior, aunque también más fluido y que se llamaba “horasan”.

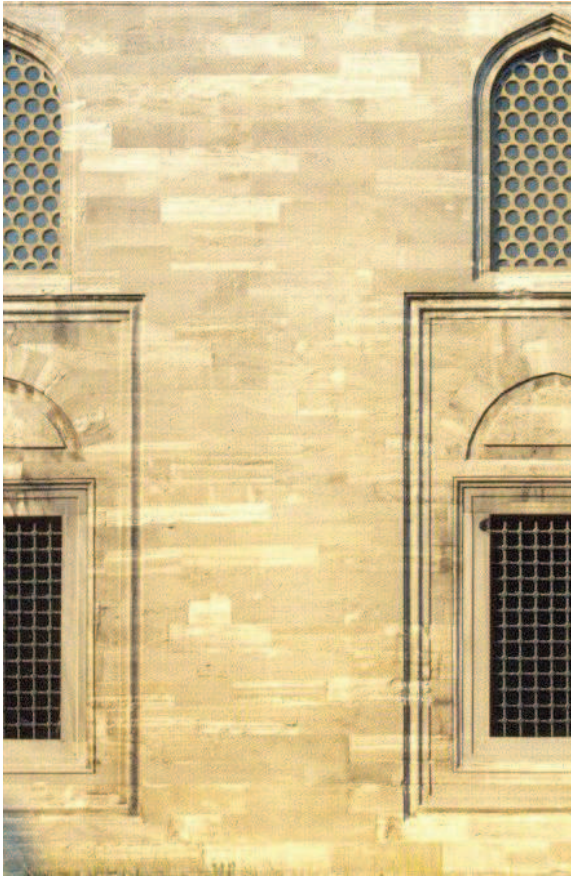


Fig.23. Paramento exterior en piedra tallada de la Suleimaniye.

Los cimientos estaban formados a base de piedras y cuando el firme no estaba próximo a la superficie se utilizaban una especie de pilotes de madera, que luego eran cubiertos con “horasan” y sobre ellas otra capa de piedra que constituía el arranque de los muros.

Sirva, como ejemplo que la mezquita de Süleyman estaba cimentada en base a este sistema, ya que no hay que olvidar que se tuvo que hacer una plataforma horizontal ya que el terreno estaba en pendiente.

Se ha visto aquí, la variedad de materiales utilizados y la combinación y adecuación de los mismos. Se pueden observar reminiscencias bizantinas, evidentemente pero adaptadas y evolucionadas al modo de hacer otomano.

Como conclusión se puede afirmar que la influencia de un monumento como Santa Sofía en los arquitectos otomanos fue inevitable. La arquitectura otomana investigó Santa Sofía y tomó ideas sobre su gran estructura,

incorporando nuevas técnicas constructivas y materiales a sus propias mezquitas, de esta forma la herencia de Santa Sofía fue siendo asimilada. La arquitectura otomana revivió los principios estructurales de la iglesia cristiana, aunque incorporando nuevas y más avanzadas técnicas constructivas.

La adopción de una cúpula sobre cuatro soportes fue el punto de partida. Los elementos de transición como las pechinas y semicúpulas fueron integrados en el sistema de cubrición.

En cualquier caso si valoramos el sistema de Santa Sofía con el de las mezquitas otomanas también aparecen diferencias y asimetrías, como por ejemplo el empleo de los bizantinos de pequeñas piezas (ladrillos) para la creación de un gran conjunto y no así los otomanos que consolidaron otras fábricas (mampostería), pero, en esencia los sistemas eran similares.

Los otomanos contaron, además, con diez siglos de evolución y un genio como Sinán para expresarse en sus monumentos. Pero siempre a la sombra de Santa Sofía. No olvidar que fue en el año 1575 cuando, por fin, se logró superar, aunque escasamente, la cúpula de Santa Sofía. Este hito lo hizo posible Mimar Sinán con la mezquita del sultán Selim II; la Selimiye de Edirne. Pero tuvieron que pasar más de 1000 años para materializarlo.

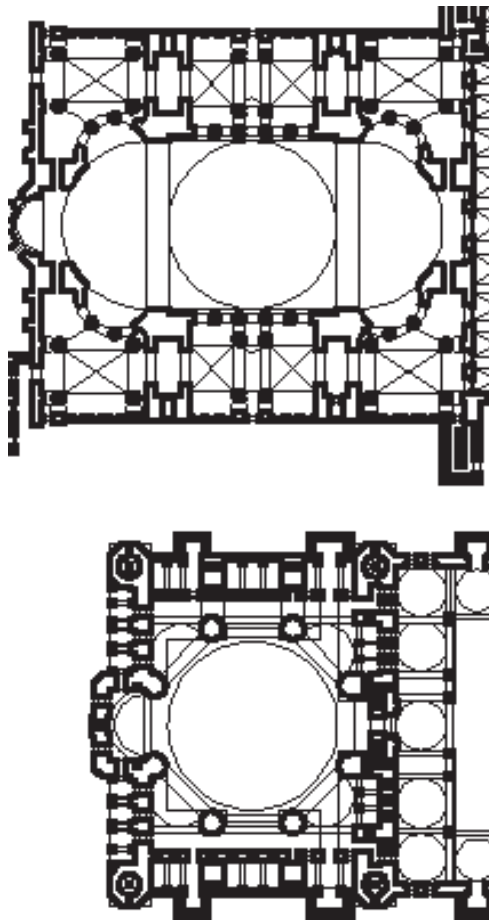


Fig.21. Santa Sofía vs Selimiye. (Autor).

Como ya se ha visto en el desarrollo de la tesis la influencia de la iglesia de Santa Sofía en el modo de hacer oriental se ha producido en varias vertientes; constructivamente, como sistema estructural y mecánico, y si se quiere como mera inspiración formal.

Constructivamente abrió un nuevo camino cuyo principio ya había sido explotado en los edificios de la Roma Republicana; la preponderancia de las fábricas de ladrillo.

Ya se ha comentado que los bizantinos no tenían el potencial de los romanos, por lo que sus fábricas no tenían la misma consistencia y estabilidad que la de estos, pero el principio era similar.

Los otomanos recogieron, a su vez, los modos de hacer de bizantinos, con conceptos más avanzados por el simple hecho de la evolución en el tiempo de las técnicas constructivas

El sistema estructural de Santa Sofía también fue una aportación novedosa; se abandonó el sistema típicamente romano, basado en la masa de sus elementos, y se fue sustituyendo progresivamente por un sistema de equilibrio de empujes basado en bóvedas y cúpulas.

Empezó, pues un sistema de aligeramiento de la estructura en sí misma. En estos aspectos básicos la arquitectura otomana encontró camino por el que transitar; Santa Sofía lo dejó fijado.

Queda patente, por otra parte, que los materiales constructivos esenciales venían parejos: piedra, ladrillo y mortero (con polvo de ladrillo), incluso los tirantes de hierro de cuyo uso se ha hecho mención. La utilización, así como la combinación de los mismos se reveló bastante semejante, eso sí, con la consiguiente evolución en su tratamiento debido al paso del tiempo. Pero, de facto, los propósitos a los que servían eran afines.

Nada alteró, tampoco, el funcionamiento de los distintos elementos constructivos, soportes, arcos, pechinas, etc. ya que seguían teniendo la misma utilidad.

17. CONCLUSIONES 2. ESTRUCTURAS

Abordar el tema de la estructura de los edificios antiguos, es básicamente, abordar el tema de su geometría, ya que en esta se basa su estabilidad.

Sobre este aspecto hay multitud de escritos aunque quizá los que más importancia cobraron en su momento fueron los de Galileo, por lo que supusieron de revolución en la teoría de las estructuras. (1)

Una estructura no es más que la materialización de un sistema nulo de fuerzas. Resistencia y estabilidad son las otras dos cualidades que toda estructura debe poseer. Ante la observación de un edificio antiguo surge la pregunta, ¿Cómo se sostiene? Sólo el equilibrio de las partes nos hace comprender el todo, una hazaña constructiva realizada a base de oficio y experiencia. (2)

La clave de edificios como Santa Sofía o las mezquitas de Sinán está ahí; son la obra de constructores, de constructores sabios e intuitivos. Ya se ha dicho en su momento que los arquitectos de Santa Sofía no tenían experiencia previa como arquitectos, pero eran expertos geómetras y matemáticos, de ahí, en parte, su éxito.

El caso de Sinán no era el mismo, ya que cuando abordó sus grandes obras ya contaba con experiencia en el campo de la construcción. Recordar que él estudió las artes de la carpintería y fue cogiendo experiencia constructiva de la observación de edificios realizada durante sus campañas militares con las tropas otomanas. Este tipo de edificios no fueron calculados, pero si bien contruidos.

Para el análisis estructural de estos edificios hay que partir de una premisa clara; en las fábricas no hay deformación elástica, por lo que no cabe ningún tipo de análisis que provenga de la relación tensión-deformación. El análisis queda definido por su capacidad de responder a las cargas con un sistema equilibrado de fuerzas. El edificio antiguo posee una gran estabilidad, que proviene de una relación adecuada de su peso propio en relación a su forma.

(1). Los "Diálogos sobre las dos nuevas ciencias" fueron publicados en 1638, cuando ya Galileo contaba 74 años. Cinco años antes había sido condenado por herejía, sentenciado a prisión de por vida y se le había prohibido publicar más libros sobre cualquier tema.

Los manuscritos se publicaron en Holanda, fuera del alcance de la inquisición y en ellos ataca a la teoría medieval del proyecto de estructuras.

(2). Antonio José Mas-Guindal Lafarga. Mecánica de las estructuras antiguas. Ed. Munilla .Leíra. Madrid 2011. Pp. 17 y sucesivas. (op. ct.)

Otro aspecto a tener en cuenta es el material con el que estaban contruidos; fábricas de piedra, ladrillo o mixtas. Esto planteaba otra limitación cual era el comportamiento de las mismas. Las fábricas, entendidas como agregados de elementos, no tiene resistencia a tracción por lo que deben trabajar, en la medida de lo posible a compresión. La estabilidad global está asegurada realmente por la compactación bajo la gravedad de los diversos elementos; existe un estado general de tensiones de compresión, pero sólo pueden resistirse pequeñas tracciones. Es evidente que los constructores antiguos sabían esto, pero sin los conceptos numéricos que se tienen hoy de tensión o resistencia del material.

Como se ha dicho, las tensiones en las estructuras antiguas son bajas, las fábricas de ladrillo o piedra están trabajando uno o dos órdenes de magnitud por debajo de su resistencia a compresión. Esta es una condición necesaria para la supervivencia a lo largo de los siglos; pero no es suficiente. (3)

Es preciso también que la forma de la estructura sea correcta, de manera que las fuerzas estructurales puedan acomodarse satisfactoriamente de algún modo; se trata de un problema de geometría. Así, para este tipo de estructuras el cálculo de las tensiones tiene un interés secundario; es la forma de la estructura lo que rige su estabilidad.

Todos los escritos antiguos y medievales que han llegado hasta nosotros se refieren a reglas geométricas. Los arquitectos tenían, sin duda, una comprensión intuitiva de las fuerzas y las tensiones resultantes, pero esta comprensión no estaba articulada de modo que fuera útil en el proyecto; no hay rastro en los registros existentes (al menos dos o tres milenios), de ideas de este tipo.

El proceso de proyecto habría procedido por prueba y error, registrando lo experimentado anteriormente o siguiendo tradiciones corroboradas, o en otros casos, aventurándose más o menos tímidamente en lo desconocido.

Toda esta experiencia fue compendiada en reglas de construcción sobradamente contrastadas.

(3). Jackes Heyman. Análisis de Estructura. Un estudio histórico. (Sobre el problema de Galileo) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Instituto Juan de Herrera. Madrid 2004. p. 5. (op. ct.)

Por lo que respecta a los edificios de este estudio, significar que se tratan de edificios cupulados y eso les confiere unas características especiales al tener que poner la estructura básicamente al servicio de las cúpulas. Los sistemas de contrarresto de dichas cúpulas o sistemas de cúpulas están basados, también en la geometría, de ahí que algunas soluciones resulten más satisfactorias que otras, aunque todas ellas perfectamente válidas.

Como ya se vio en el Panteón de Roma, es evidente que el contrarresto ideal para una cúpula semiesférica es un cilindro. Pero esta clarividencia tenía unas condiciones formales que no siempre podían respetarse.

También se vieron soluciones de cúpulas sobre bases poligonales, pero quizá el punto de inflexión en las cúpulas de “estilo oriental” apareció con Santa Sofía. Ya se ha hablado con profusión sobre los antecedentes de esta magna obra, pero quizá hay que considerarla como un logro definitivo, como un punto y aparte, como una referencia.

Santa Sofía está rematada por una cúpula semiesférica que tuvo no pocas dificultades hasta su cierre, incluso durante su construcción y aún después, tuvo que ser reconstruida, consolidada y reforzada con el paso del tiempo. Pero lo maravilloso de este edificio es que lleva en pie más de quince siglos. El edificio es de planta basilical coronado por una cúpula central.

Los edificios de planta basilical ya eran una realidad y sus esquemas estructurales estaban de sobra contrastados, aparte de que no ofrecían excesivas dificultades para su desarrollo. Los edificios cupulados también habían sido desarrollados desde antiguo, pero Santa Sofía era algo distinto desde todos los puntos de vista.

Se trataba de conjugar una planta basilical con una cúpula en su parte central.

Una cúpula de ladrillo de esas dimensiones (30 metros de diámetro), extremadamente delgada era algo que no había sido abordado antes.

En una cúpula semiesférica hay que contrarrestar, básicamente, los empujes horizontales que produce y esto también depende, en parte, de su masa. Evidentemente al disminuir el espesor se disminuye el peso y por tanto los empujes horizontales que produce.

El espesor mínimo de una cúpula semiesférica es de un 4.5% aproximadamente del diámetro de la misma. Pero este valor disminuye

rápidamente para las cúpulas rebajadas, como la de Santa Sofía y las de las mezquitas otomanas cuya apertura oscila entre los 130° y los 140° . A partir de 104° ($52^\circ \times 2$) el espesor se hace nulo; teóricamente el casquete resultante sólo requiere esfuerzos de compresión para ser estable. Esto explica, por tanto, que la cúpula principal de Santa Sofía apenas muestre indicios de las grietas meridianas que si aparecen en las cúpulas aproximadamente semiesféricas. (4)

Las dos semicúpulas de contrarresto de Santa Sofía también tienen un espesor contenido. En realidad estas semicúpulas pueden mantenerse por sí solas, pero seguirán siendo estables sometidas a la fuerza horizontal resultante de la cúpula principal. Es esta capacidad para resistir empujes horizontales, generalmente distribuidos en el borde, lo que hace posible utilizar una semicúpula como elemento de contrarresto.

Decir que el espesor total de la cúpula de santa Sofía ronda los 80 centímetros. Esto también nos da una idea de la osadía de Antemio e Isidoro, acaso presionados por el Emperador que confiaba en la ayuda divina para llevar a cabo su iglesia.

El sistema de contrarresto de las cúpulas bizantinas es, básicamente de cuatro arcos torales, de cuatro semicúpulas y el mixto de dos arcos torales y dos semicúpulas. Aunque es obvio que un sistema de cargas simétrico requiere en ortodoxia un sistema de contrarresto simétrico, esto no implica que los otros no funcionen. No son óptimos, pero evidentemente funcionan.

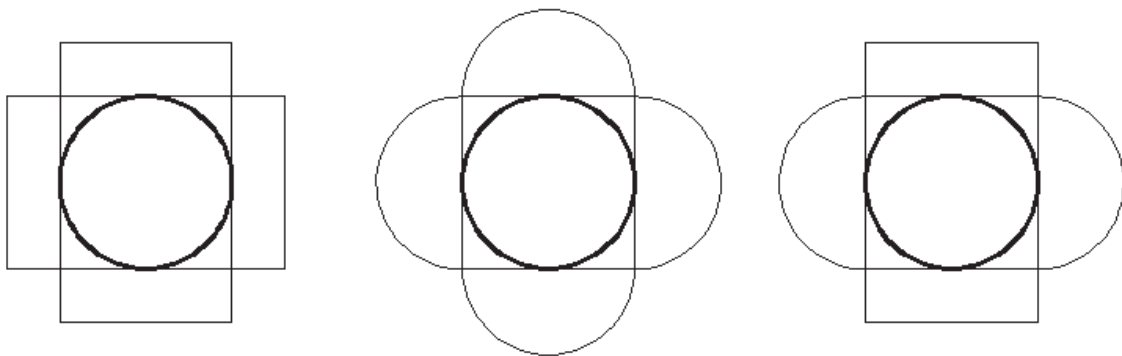


Fig.1. Sistemas de contrarresto de cúpulas bizantinas. (Dibujo del autor).

(4). Jackes Heyman. El esqueleto de piedra. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Instituto Juan de Herrera. Madrid 1999. p. 46-51. (op. ct.)

Quizá para el esquema longitudinal de Santa Sofía la solución de arcos y semicúpulas era la más adecuada. Recordar que no era un edificio de planta centralizada pese a la aparición de la cúpula. Se estaba transitando por una tradición de planta basilical de desarrollo longitudinal, en el que la aparición de la cúpula no significaba, en caso alguno, la centralización de la planta. Este sí sería el objetivo de los arquitectos otomanos; la planta centralizada, que alcanzó su cenit con la Selimiye de Edirne.

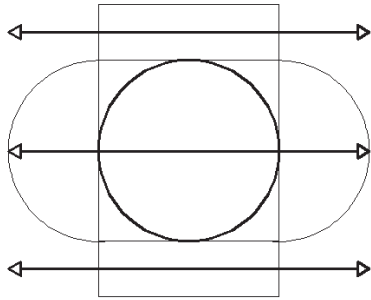


Fig.2. Desarrollo longitudinal de la planta de Santa Sofía.(Dibujo del autor).

Volviendo al análisis geométrico de Santa Sofía y de su planta, se aprecia esa tensión entre planta basilical (longitudinal) y la cupulada (central), pero en cualquier caso el esquema estructural es claro; un cuerpo central constituido por una cúpula sobre soportes, una nave central y dos laterales que la flanquean, terminando la central en un pequeño ábside. Además el recorrido longitudinal se vería acrecentado en su tiempo por el patio, el nártex y el exonártex.

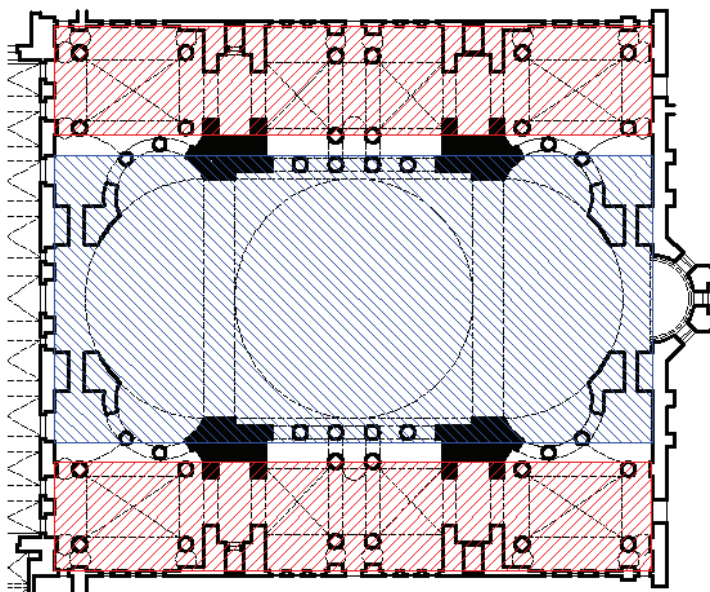


Fig.3. Esquema en planta de las naves de Santa Sofía. (Dibujo del autor).

Como se observa en la figura anterior se trata de una planta de tipo basilical de tres naves rematada con un ábside. Un edificio típico de planta basilical contemporáneo de Santa Sofía como pudiera ser San Apolinar, no revestía mayor dificultad estructural ya que era un esquema sencillo y equilibrado, pero Santa Sofía fue una innovación. El reto era la ejecución de una cúpula de grandes dimensiones “sostenida en el aire”. Los planteamientos que habían sido útiles hasta ahora ya no valían.

Los problemas estructurales de soportar una cúpula de esas dimensiones constituida por fábrica de ladrillo era un reto que Antemio e Isidoro supieron acometer. En principio se comenzó por constituir cuatro potentes macizos en los que apoyar la cúpula. También entraron en juego las pechinas para pasar de la planta circular a la cuadrada, el reto estaba servido.

Había de buscar también un sistema estructural que basado en preceptos geométricos fuera capaz de equilibrar el conjunto, es ahí donde radicaría el éxito de su misión.

Para contrarrestar los empujes de la cúpula se creó una geometría que toda ella trabajando en conjunto fuera capaz de contener en su sección toda la línea de empujes generada por la cúpula. Esto es, todo el edificio sería el que contribuiría en su conjunto, a la evacuación de las solicitaciones. Esto es importante, se está hablando de un edificio como esquema estructural en sí mismo. Todas las partes trabajan como una sola en el equilibrio del sistema. Acaso este fue un logro y un punto de partida.

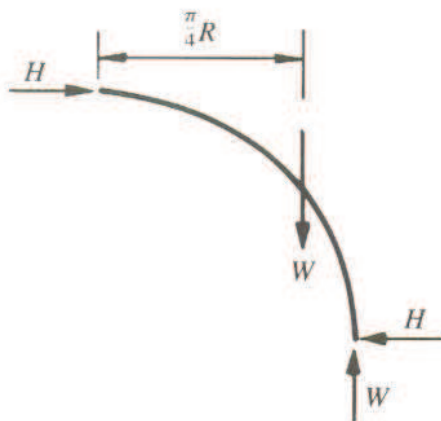


Fig.4. Fuerzas que actúan sobre un sector de cúpula. (Heyman).

Como se ve en la figura 4, se tienen dos componentes que hay que equilibrar. Una es la fuerza W, que es el peso y otra la componente horizontal H. Es en esta donde radica la importancia del contrarresto. Los macizos soportes de

Santa Sofía empezaron a experimentar movimientos en el arranque de los arcos torales, como ya se explicó, debido a los asentos de la propia fábrica. De hecho al acabar los mismos se observó que la base de apoyo de la cúpula no era circular sino elíptica. La longitud del radio había aumentado algo más del 6% en una de las direcciones, por lo que hubo de acomodar la cúpula a esta nueva situación. Aún así Antemio e Isidoro completaron la cúpula y el templo se consagró en el año 537, tan solo cinco años después de su inicio. Por circunstancias ya expuestas esta cúpula se vino abajo 20 años después. Isidoro el Joven la levantó de nuevo pero subiendo la clave varios metros con lo que disminuía el valor de la componente horizontal H. Estaba trabajando a favor de la seguridad, aunque no se puede demostrar que el diseño de cúpula inicial fuese erróneo.

Los movimientos sísmicos y las condiciones del lecho de cimentación de Santa Sofía hicieron que las condiciones de contorno variasen y la geometría del edificio no pudo adaptarse a ellos, por lo que colapsó la cúpula.

Por otra parte se construyeron los formidables contrafuertes en la dirección norte-sur. Cabe decir que la deformación no se debió a la cúpula, sino a la propia fábrica del edificio. A partir de las consolidaciones y reparaciones de Isidoro el Joven Santa Sofía permaneció en pie en su conjunto, prácticamente inalteradas hasta nuestros días. En la figura 5 se observa que las deformaciones que sufrieron los soportes de la cúpula se aproximan al 55% cuando se finalizó la cúpula original. Aumentaron ligeramente en los siguientes tres siglos y volvieron a aumentar con sucesivas reconstrucciones de la cúpula.

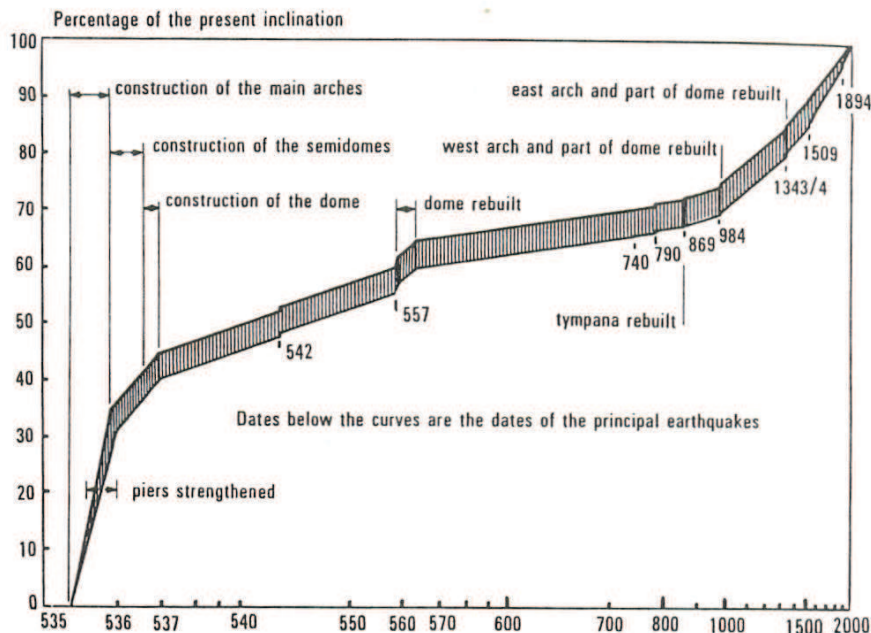


Fig.5. Gráfico de deformaciones sufridas por los soportes principales de Santa Sofía a lo largo de las distintas fases de construcción y de las alteraciones del entorno. Mainstone. (Hagia Sophia. Thames and Hudson, 1988)

Las reparaciones que se sucedieron después, con el paso de los siglos fueron siempre consecuencia del cambio de su geometría debido a cambios de condiciones de contorno.

Aún así, la gran iglesia pudo acomodar su geometría a los cambios y hoy en día se observan alteraciones de la misma, incluso a simple vista, pero el conjunto mantiene su equilibrio. (5)

De nuevo se vuelve a lo expuesto al principio de este capítulo; la importancia de la geometría para la estabilidad de estos edificios.

El sistema asimétrico de contrarresto de Santa Sofía también posibilitó ciertas dificultades estructurales. Es lógico pensar que las semicúpulas en la dirección longitudinal de la base eran sistemas de contrarresto más adecuados, estructuralmente hablando. Ya se vio en su momento que una bóveda de horno es capaz de aguantarse por sí misma y además genera empuje en todo su contorno, lo que la hace más apropiada como sistema de contrarresto de una cúpula circular que un arco toral.

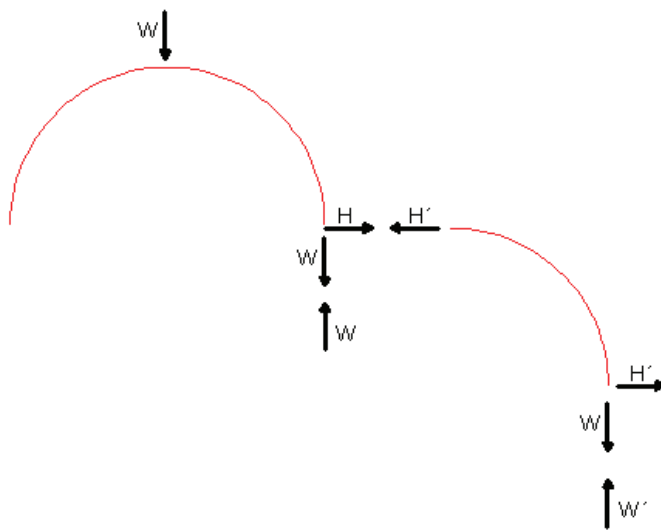


Fig.6. Gráfico de esquema de contrarresto de cúpula-semicúpula. (Dibujo del autor.)

(5). Hay multitud de estudios sobre la estructura y deformaciones que ha sufrido Santa Sofía, pero hay que referir los de Rowland J. Mainstone, los de Takayoshi Aoki y Shiro Kato, basados en el método de incrementos finitos y los de Robert van Nice que además los plasmó en dibujos de plantas, secciones y alzados. Todo esto se puede ver recopilado en el libro: HAGIA SOPHIA FROM THE AGE OF JUSTINIAN TO THE PRESENT. (op. ct.)

Editado por Robert Mark y Ahmet S. Çakmak. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, Este libro es un compendio de varios autores fundamentales ya citados en este trabajo. Aparte de los mencionados está Cyril Mango, un experto en estudios bizantinos, Gürlü Necipoglu, o William L. MacDonald.

Este libro se antoja de obligada lectura ya que hace un exhaustivo recorrido por múltiples aspectos de la iglesia de Santa Sofía.

El esquema de la figura 6 es bastante clarificador al respecto de lo que se está tratando. Efectivamente se ve que se puede establecer un sistema de contrarresto basado en cúpulas. Este es, evidentemente, el que utilizaron los arquitectos otomanos para la ejecución de sus edificios. Los contrarrestos basados en cúpulas funcionaron a la perfección.

Este sistema libera, en parte a los soportes principales de las cargas de las cúpulas con lo que estos se fueron estilizando paulatinamente.

El esquema se puede repetir de manera sucesiva haciendo subconjuntos de cúpulas que vayan equilibrando las cargas.

Aspecto también importante es el comportamiento de la propia cúpula. Como ya se ha explicitado una cúpula que ve disminuido su ángulo de apertura a partir de los 180° de una cúpula semiesférica, se comporta mejor porque disminuye la parte traccionada de la misma y esto es favorecedor para la estructura, porque la fábrica debe funcionar, en la medida de lo posible, a compresión.

La cúpula de Santa Sofía tiene una apertura angular de 140° con lo que la parte traccionada disminuye notablemente y los esfuerzos de flexión quedan dentro del espesor de la cúpula, por lo que los esfuerzos que, a su vez, transmite también son menores.

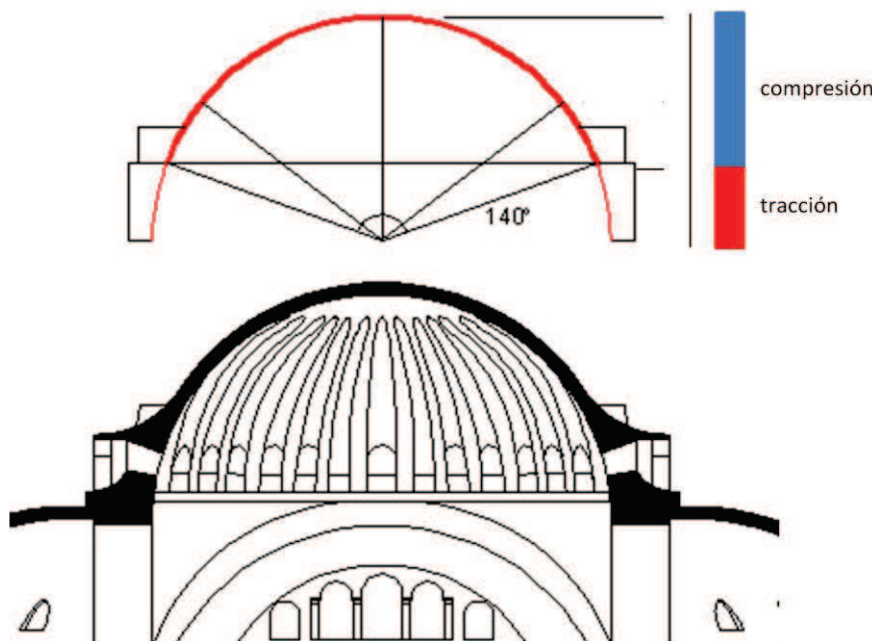


Fig.7. Gráfico del ángulo de apertura de la cúpula de Santa Sofía y esquema de tracciones-compresiones. (Dibujo del autor.)

De lo expuesto anteriormente podemos deducir dos aspectos; el primero es que el grosor de la cúpula disminuye en función del ángulo de apertura, a menos ángulo, menor grosor, y que al haber poca zona traccionada y estar las ventanas situadas en esa zona la aparición de grietas se minimiza sensiblemente.

La aparición de pequeños contrafuertes entre las ventanas y una corona metálica que incluso atraviesa la línea de ventanas, fue la solución que utilizó Mimar Sinán en las mezquitas de los sultanes, esto es, la experiencia y el estudio de Santa Sofía fue extremadamente provechosa para los arquitectos otomanos. Las cúpulas de Sinán respondían casi a los mismos preceptos estructurales que la cúpula de Santa Sofía, aunque el sistema de equilibrio de sus mezquitas sería significativamente diferente, como ya se verá.

Volviendo a Santa Sofía; se explica, a razón de lo anterior la extremada delgadez de su cúpula. Las cúpulas otomanas serían muy similares en este sentido, nada que ver con sus contemporáneas renacentistas italianas, con espesores que oscilaban entre los 3 y 4 metros, como Santa María de las Flores o San Pedro. Baste decir respecto a esto que, por ejemplo, el peso de la cúpula de San Pedro, sin la linterna, se estima en unas 22000 toneladas, mientras que la cúpula de la mezquita de Selimiye de Sinán estaría en torno a 4300 toneladas. Evidentemente lo único que las relaciona es su contemporaneidad, pero sirva como elemento de reflexión la utilización de sistemas orientales y occidentales en la resolución de cúpulas.

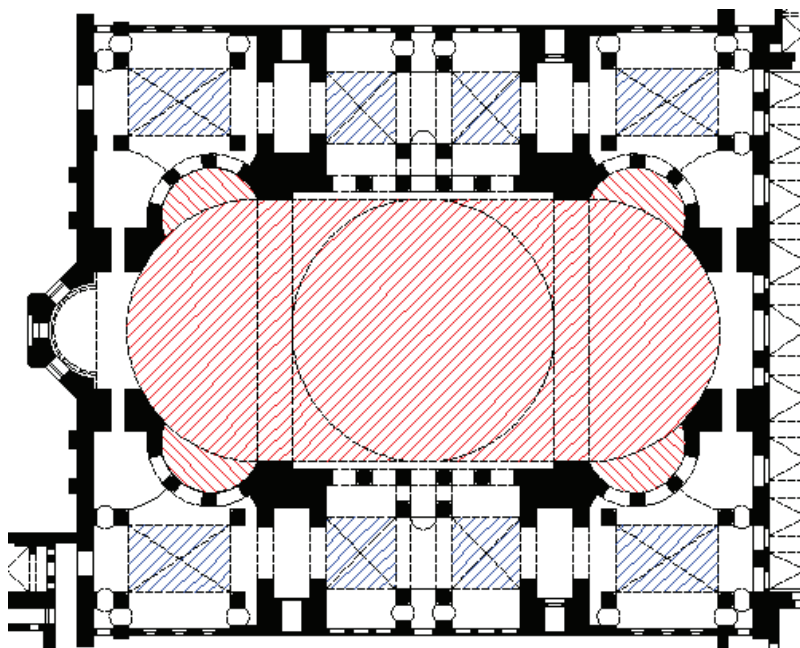


Fig.8. Santa Sofía. Combinación de cúpulas (rojo) y bóvedas de crucería (azul). (Autor).

La combinación de cúpulas como elemento de contrarresto que utilizaron los otomanos ya se empezó a atisbar en Santa Sofía. En efecto a ambos lados de las semicúpulas aparecen pequeñas bóvedas de horno. Es un sistema de equilibrio que combina las cúpulas en la nave central con las bóvedas tradicionales de arista y crucería típicamente romanas.

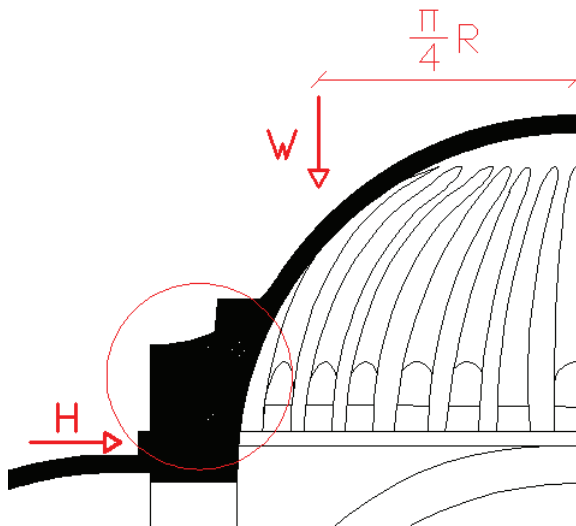


Fig.9. Santa Sofía. Sección de la cúpula por la parte del macizo. Se aprecia la masa de los contrafuertes en la base. (Dibujo del autor).

Volviendo a la propia cúpula, se aprecia en la figura 9 la aportación de la fábrica en la base de la cúpula. Efectivamente el macizado, junto con los pequeños contrafuertes de las zonas que no tienen huecos abiertos contribuyen de manera definitiva a mantener “la forma” de la cúpula, y por tanto su geometría, aspecto básico para mantener el equilibrio.

El empuje horizontal que genera se contrarresta con las bóvedas de horno laterales.

Recordar que a su conclusión no se deformó la cúpula, sino que esta se levantó en una base ya deformada, con lo que, incluso debió adaptarse a esta condición de partida, un rectángulo de 32x30 metros, no un cuadrado perfecto de 30x30. Aún con esta salvedad se pudo llevar a cabo su construcción.

Esto demuestra las posibilidades de adaptación formal de una cúpula de fábrica de ladrillo.

Otro aspecto importante para mantener la “forma” del edificio es la inclusión de las cadenas para evitar deformaciones, como ya se vio en el apartado anterior. Al zunchar las bóvedas se estaba introduciendo un elemento adicional que contribuía a asegurar la geometría del conjunto y evitar, en lo posible, la alteración de la misma.

En la dilatada historia de la gran iglesia bizantina se sucedieron varias intervenciones debidas a diversas causas que han sido referidas a lo largo del presente trabajo. Unas más acertadas que otras, acaso la más discutible fue el levantamiento de los cuatro colosales contrafuertes de Isidoro el Joven, pero todas ellas eran tendentes a conservar la geometría del conjunto, que se entendió fundamental para la estabilidad del mismo.

En cualquier caso la capacidad de adaptación del edificio al cambio de condiciones de contorno, véase movimientos sísmicos o movimientos experimentados por la propia fábrica en alguna de sus partes, ha sido lo que la ha preservado casi intacta hasta nuestros días. (6).

Tema aparte es el de los contrafuertes como elemento estructural, entendido estos como elementos que se sitúan en los propios muros.

Básicamente hay dos posibilidades de disponer los contrafuertes en los muros de un edificio. La primera era la utilizada en la arquitectura occidental en la Edad Media, que colocaba los contrafuertes al exterior de los paños con lo que las naves quedaban más estrechas, pero más despejadas. La segunda era la utilizada por la arquitectura romana y bizantina, esto es, disponer los contrafuertes en la parte interior de los muros. Con ello el espacio se ampliaba, pero se obstruía y el abovedamiento se complicaba. Cada una tenía sus ventajas y sus inconvenientes.

(6). Robert van Nice tiene publicadas una colección de dibujos de planta y sección de Santa Sofía en su estado actual a partir de mediciones reales en las que se aprecian notable deformaciones, tanto en elementos verticales como en las propias cúpulas y bóvedas. (Bibliog. nº 80))

Por otra parte referir, una vez más, los escritos de Procopio de Cesarea (500-560) al respecto de las deformaciones que fue sufriendo el edificio a lo largo de su construcción.

La obra de Procopio De Aedificiis, se encuentra resumida y comentada en el libro: Relato de cómo se construyó Santa Sofía según las descripciones de varios códices y autores, editado por José M. Egea para el Centro de Estudios Bizantinos, Neogriegos y Chipriotas de la Universidad de Granada. En este libro también aparecen relatos en latín (los de Procopio estaban, evidentemente, en griego) de dos crónicas: la de Radulfo de Diceto (Abbreviationes Chronicorum: ed. De Krauss, reimpresión de 1965, págs. 91-94) y la de Radulfo el Negro. (ed: The Chronicles of Ralph Niger, cuya primera edición fue por lieu.-col. Robert Anstruther, Caxton Society, London 1851. Chronicon II: 189-190).

También aparecen aquí algunos fragmentos de los textos de Paulo el Silenciarlo.

José M. Egea es doctor en filología griega de la Universidad del País Vasco, y es el traductor al castellano de las obras en griego y latín de los autores mencionados con anterioridad.

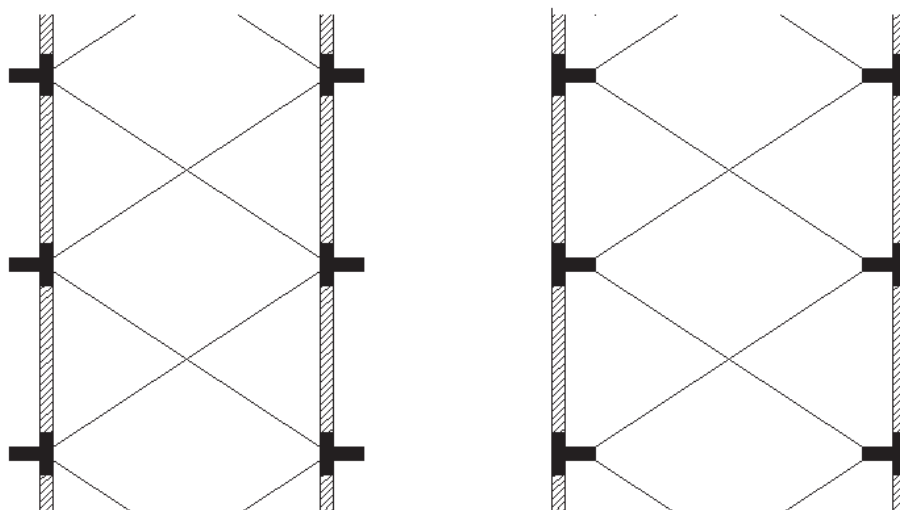


Fig.10. Planta de una nave abovedada con contrafuertes exteriores y planta abovedada con contrafuertes interiores. (Dibujo del autor).

Hay una tercera vía, poco usual, como es disponer de una especie de contrafuerte doble, este tendría forma de cruz y estaría tanto al exterior como al interior, pero esto no es algo habitual, si acaso cuando el espesor del muro necesitaba ser grueso en extremo y así se liberaría parte de él.

Ejemplos varios de la disposición de contrafuertes al interior aparecen claramente en Santa Sofía, véase en los grandes tímpanos. Por ello los muros tienen un grosor de unos 80 centímetros, no son estructurales, su misión es el de cerramiento.

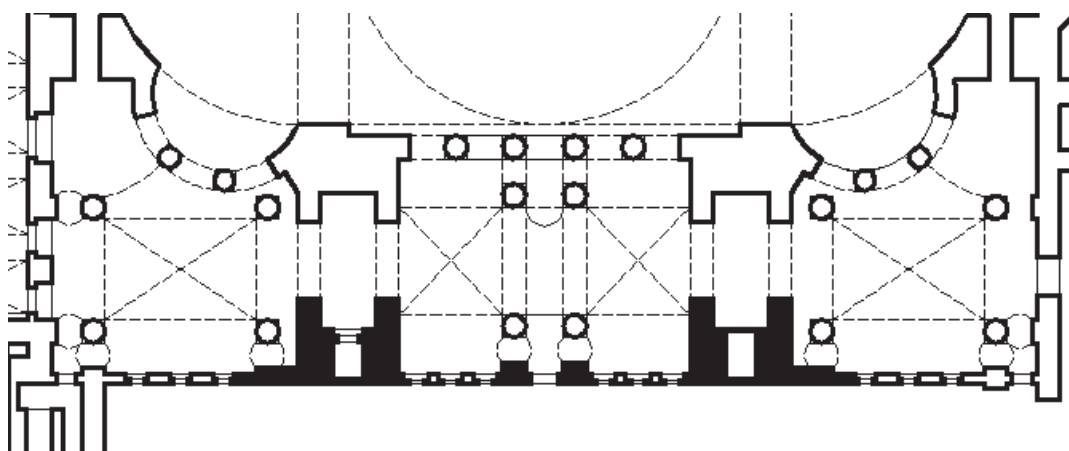


Fig.11. Contrafuertes al interior en los tímpanos de Santa Sofía. (Dibujo del autor).

El empleo de macizos, cuya única misión fuese contrarrestar el empuje de las bóvedas, les parecía a los bizantinos, por lo general un procedimiento miserable y casi bárbaro.⁽⁷⁾ Era además, un método poco apropiado a la naturaleza especial de los empujes que desarrollan sus bóvedas.

Una de las características esenciales de las bóvedas bizantinas que quizá más claramente las distinga de las bóvedas occidentales coetáneas, es que sus empujes se reparten en todo el perímetro del espacio que cubren. En una bóveda occidental sobre nervios el peso de los cuatro paños independientes que la constituyen reposa sobre los arcos diagonales, y estos transforman los pesos en empujes concentrados en sus cuatro ángulos, de manera que es suficiente reforzar estos cuatro ángulos con macizos de contrarresto. Los muros de cabeza no intervienen para nada en el equilibrio y ocupando su lugar hay habitualmente un ventanal de vidrio.

En la construcción bizantina ocurre de forma completamente distinta. La bóveda, en vez de dividirse en paños sobre nervaduras es una cáscara continua y peraltada que al entrar en carga ejerce empujes en todo su contorno. Esta bóveda tiende a reventar las paredes que la rodean. No es suficiente pues, contrarrestarla en sus cuatro ángulos; hay que estribarla en todo su perímetro. Los bizantinos lo consiguieron con el procedimiento más acertado, mediante el agrupamiento de las diversas partes de sus construcciones. El criterio que rige es el de procurar asociaciones de bóvedas donde los esfuerzos se contrarresten entre sí.

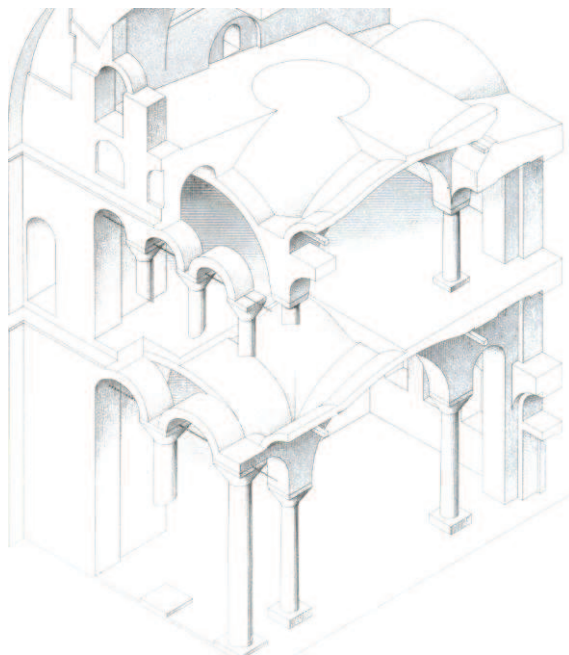


Fig.12. Santa Sofía. Naves laterales. (Choisy).

(7). Así al menos lo manifiesta Choisy en su libro: *El arte de construir en Bizancio*, traducción al español de la obra original de 1883. Instituto Juan de Herrera. Madrid 1997. P. 131. (op. ct.)

Este procedimiento de agrupación de bóvedas fue elevado a su máxima expresión en las mezquitas de los sultanes de Mimar Sinán 1000 años más tarde. Los bizantinos sentaron las bases, pero él las desarrolló de forma magistral.

Las naves laterales de Santa Sofía están constituidas por bóvedas de cañón, en el nivel superior y de arista en el nivel inferior, sobre arcos formeros y pares de columnas.

Vistos los aspectos estructurales y mecánicos que posibilitaron el levantamiento de Santa Sofía se van a hacer las interpretaciones subsiguientes en el caso de las mezquitas de los sultanes, en cuyos métodos se vio reflejada la gran iglesia diez siglos después.

Retomando la relación entre geometría y estabilidad, es evidente que en las primeras mezquitas cupuladas como la mezquita de Alauddin (Bursa, 1326) o la de Hazi Ozbeck (Iznik, 1333), de modestas dimensiones y cuya cúpula apoyaba directamente en los muros de un prisma de base cuadrada, no hay duda alguna de que el mantenimiento de la “forma” del edificio está más que garantizado.

Otro tanto sucede con las mezquitas hipóstilas cupuladas de Ulu camii (Bursa, 1396) y de Eski camii (Edirne 1414).

Caso aparte es la Uç Serefeli (Edirne 1447). Aquí empieza a esbozarse el camino que se seguirá para desarrollar las mezquitas de los sultanes. Esta mezquita supuso una revolución, tanto formal como estructural, recordar que la sala de oración estaba coronada por una única cúpula de unos 24 metros de diámetro, apoyada en una base hexagonal constituida por arcos ligeramente apuntados, con sendos pares de cúpulas a los lados y un patio peristilo.

El espacio de la sala de oración se veía interrumpido, sin embargo, por dos potentes pilares hexagonales, pero el concepto de planta centralizada cupulada empezó a caminar aquí, cuando Constantinopla era, todavía, la capital de un Imperio agonizante.

Además el tamaño de la cúpula era considerable en relación a lo realizado con anterioridad en esta zona de la península de Anatolia.

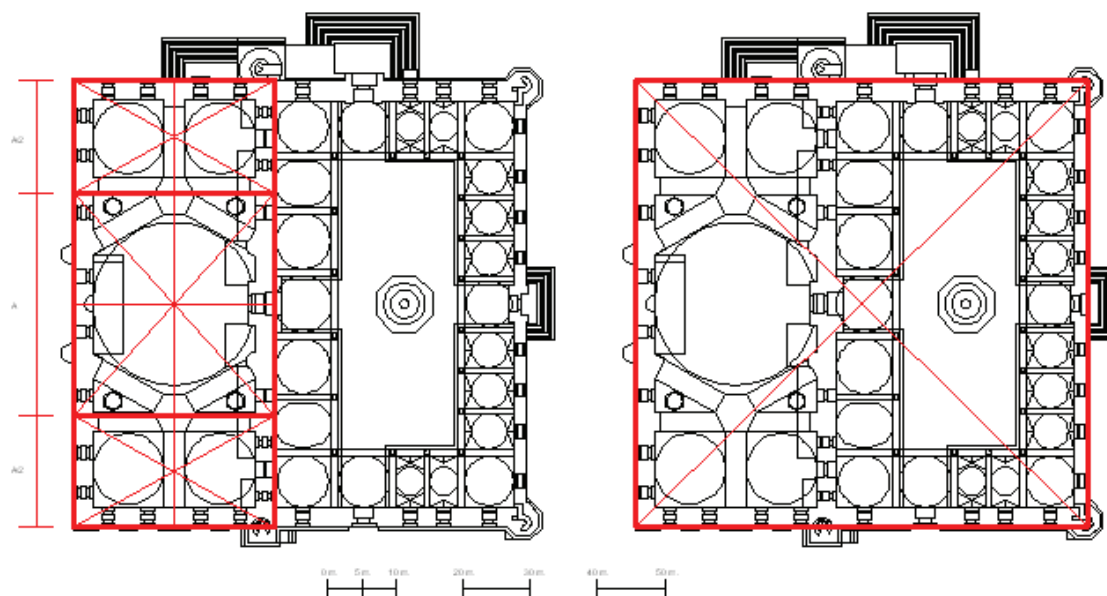


Fig.13. Planta de la mezquita de Uç Serefeli. Relaciones geométricas. (Dibujo del autor).

Sobre estas líneas se observa lo referido en párrafos anteriores. Si se observa la sala de oración la geometría que se deriva es clara; un cuadrado central de lado “A”, flanqueado a ambos lados por sendos rectángulos de dimensiones “A”x”A/2”, esto es, la planta de dicha sala estaría constituida por dos cuadrados perfectos de dimensión “A”x”A”.

Por lo que respecta al conjunto del edificio, incluyendo el patio, la geometría sigue siendo igual de clara; el edificio entero estaría inscrito en un cuadrado. Las relaciones de geometría le dan al conjunto una relación de forma clara, que como se vio, es la clave de la estabilidad.

Estas relaciones geométricas, que no se daban con tanta inmediatez en Santa Sofía, sería una constante en las mezquitas de los sultanes.

Dado que ya han sido analizadas formalmente dichas mezquitas, el punto y seguido del presente estudio va a centrarse en las consecuencias que de las relaciones geométricas se deriven, para englobar los aspectos de la mecánica da las obras de Sinán.

Aunque se considere la Uç Serefeli como el inicio o el punto y aparte en un proceso constructivo no se han de olvidar las dos primeras mezquitas que ya se pueden denominar con autenticidad “mezquitas de los sultanes”.

Estas son las mezquitas que levantaron los primeros sultanes otomanos tras la conquista de Constantinopla en la primavera de 1453.

En efecto, Mehmet II El Conquistador entró en Estambul en 1453, y desde ese momento quedó prendado de su gran iglesia, de Santa Sofía. Acaso este enamoramiento de tan singular edificio fue lo que le llevó a levantar la llamada mezquita de Mehmet II o Fatih camii en 1470 en el mismo Estambul. Posteriormente, su hijo y sucesor Bayaceto II, levanto la segunda; la mezquita de Bayaceto II en 1506, lógicamente también en Estambul.

El concepto de edificio cupulado entendido como de cúpula principal única, coronando un espacio central, cobraba ya su verdadero protagonismo.

El germen que transmitió Santa Sofía estaba presente, pero ya habían pasado 1000 años desde la consagración de la iglesia bizantina. Sorprendentemente la inspiración formal, sino la similitud de estas dos mezquitas era patente en relación a Santa Sofía, básicamente en lo que respecta a la solución cupulada, incluso la mezquita de Bayaceto II podría considerarse una réplica a escala de la catedral bizantina.

Evidentemente diez siglos era tiempo más que de sobra para que el arte de construir hubiese experimentado notables evoluciones. Pero el espíritu de Santa Sofía aparecía presente en la arquitectura otomana del momento como clara inspiradora. De hecho desde la caída del Imperio Bizantino Santa Sofía sería ya una mezquita más, acaso una de las más sobresalientes de la nueva capital del Imperio Otomano.

La Fatih camii se puede establecer como el puente definitivo. Efectivamente al realizar un análisis de su planta se aprecian aspectos de Santa Sofía, pero también aspectos de la Uç Serefeli.

La planta de la sala de oración está constituida por un cuadrado cubierto por una cúpula que descansa en dos soportes y un muro y apeada por una bóveda de horno en el lado del muro de la Quibla. El espacio central está flanqueado por dos naves de tres cúpulas cada una. Desaparecen ya, como simple consecuencia del cambio de modos de hacer, las bóvedas de cañón, de arista o crucería que si se mantienen en la parte occidental de Europa.

La combinación de cúpulas como sistema de equilibrio ya era un hecho irrefutable.

Volviendo a la Fatih camii se van a establecer relaciones geométricas en Planta que van a aclarar lo expuesto con anterioridad. En efecto el espacio central estaba coronado con una cúpula de ladrillo de un tamaño nada desdeñable; 26 metros de diámetro, bastante cerca de la de Santa Sofía y poco mayor que la de la Uç Serefeli.

El sistema de contrarresto es totalmente asimétrico; muro, bóveda de horno, naves cupuladas... ¿se podría analizar acaso como una solución híbrida entre Santa Sofía y Uç Serefeli? La respuesta es arriesgada pero las conclusiones formales podrían tender a la afirmación.

Si se analiza la sala de oración pueden leerse dos partes en ella; una, la que constituye la cúpula central con dos pares de cúpulas a cada lado, como la Uç Serefeli, y otra constituida por la bóveda de horno y otras dos cúpulas a cada lado, claramente más relacionado con la iglesia bizantina.

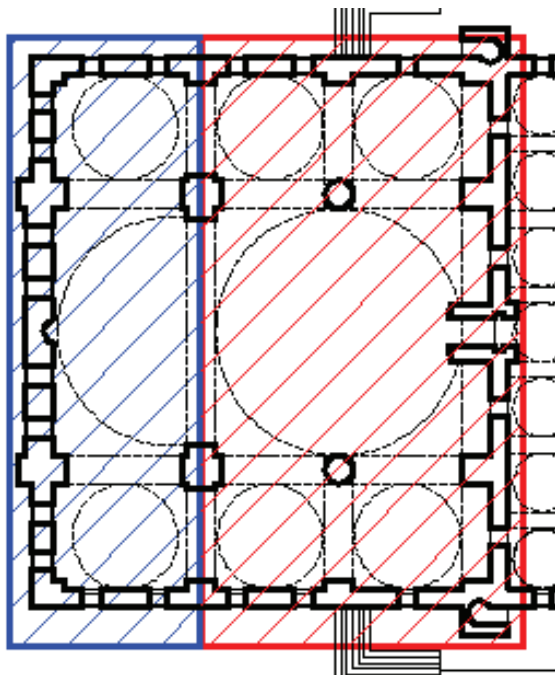


Fig.14. Planta de la sala de oración de la Fatih camii, zonificada. (Dibujo del autor).

De cualquier manera el esquema de equilibrio funcionó, al menos hasta el terremoto de 1766 al que no pudo resistir. La cúpula central estaba, en la práctica soportada por cuatro grandes pilares, dos de ellos embebidos en el grosor del muro de acceso, a modo de contrafuertes y otros dos exentos. El paso de la cúpula a una base cuadrada se realizaba de manera natural con

pechinas. A su vez dos naves con sendos pares de cúpulas se situaban a ambos lados.

Por su parte una bóveda de horno contrarrestaba los empujes de la gran cúpula en la zona del muro de la Quibla ayudada por otras dos pequeñas cúpulas.

Desafortunadamente todo lo que se pueda aportar de la mezquita original de Mehmet II no pasan de ser meras especulaciones ya que no hay más documentación que la derivada de algunos escritos e imágenes de la época. Pero de cualquier manera la planta aporta datos que si son significativos. La sala de oración se inscribía en un cuadrado, así como el patio. El conjunto estaba perfectamente proporcionado.

La siguiente mezquita de los sultanes tuvo que esperar más de 35 años para ver la luz. Bayaceto II cuando accedió al sultanato erigió su mezquita en la capital del Imperio. Esta, se encuentra en la actualidad, en perfecto estado de conservación.

Con una modesta cúpula central de 17 metros esta mezquita puede considerarse más que un homenaje a Santa Sofía, una réplica a escala de la misma.

Formalmente sus plantas son llamativamente similares. La sala de oración de la mezquita está inscrita en un cuadrado y coronada por una cúpula, flanqueada por dos bóvedas de horno, con la contribución de naves laterales cupuladas. Una diferencia notable con Santa Sofía es el desarrollo de planta longitudinal en esta por la de cuadrado en aquella. De hecho el conjunto del edificio, es decir patio y sala de oración, constituidos por sendos cuadrados, sólo se ve alterado por la incorporación de dos cuerpos construidos a ambos lados de la sala de oración. Salvo esto, la geometría es igual de contundente que en la Fatih.

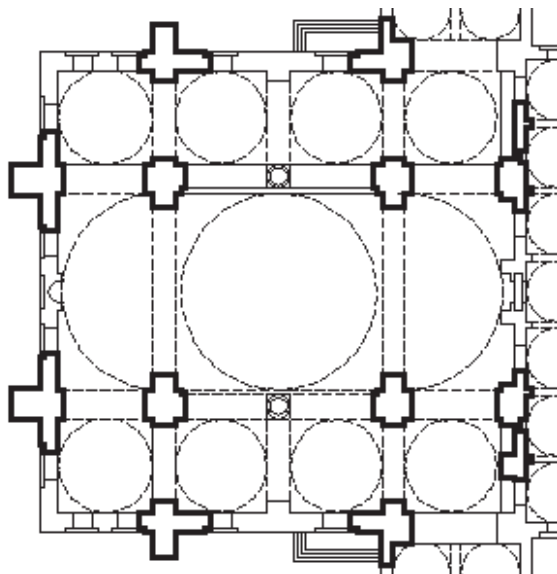


Fig.15. Contrafuertes al exterior. Bayaceto II

Por otra parte, si bien el esquema formal presenta similitudes respecto a Santa Sofía hay algunos aspectos relevantes que hay que tener en cuenta.

El primero es que se trata de una planta cuadrada, con una zona central bien definida y dos lateras perfectamente diferenciadas. La siguiente, que aunque por proporciones quizá no exigiría alardes estructurales notables, se observa algo que la separa del modo de hacer bizantino; los contrafuertes al exterior de los paramentos, algo impensable en la arquitectura bizantina. La explicación de esto radicaría en la búsqueda de un espacio diáfano en la sala de oración. De cualquier manera la cúpula seguía soportada por cuatro macizos de fábrica de piedra.

Tanto en esta mezquita de Bayaceto, como en la de Mehmet se observa la desaparición de cualquier bóveda que no sea cupulada, esto sí es una característica propia de la arquitectura otomana. Además el mantenimiento de la “forma” del edificio estaba garantizada ya que tanto su geometría como las partes constitutivas del conjunto funcionaban como un todo, de manera muy armónica. Los elementos como cadenas de zunchado también estaban presentes en estas mezquitas para contribuir a su estabilidad, además el sistema de agrupamiento de cúpulas como sistema de equilibrio era certificable.

Las cúpulas de ambas también respondían a los esquemas de Santa Sofía, tanto por su forma de trabajar por el ángulo de apertura, como por sus preceptos formales de disposición de huecos y pequeños contrafuertes para zunchar la base de las mismas. Estaban construidas, también con ladrillos formando lechos y su delgadez estaba acorde con los parámetros de Santa Sofía. Esta configuración de cúpulas sí que sería un invariable, incluso en las mezquitas del propio Sinán.

Se han sacado conclusiones, en este capítulo, sobre los edificios de Estambul que podrían establecerse como el puente entre Santa Sofía y las mezquitas de Sinán. Será, a partir de aquí, cuando se entrará de lleno en el análisis de equilibrio de la Sehzade Mehmet, la Suleimaniye y la Selimiye de Edirne, las obras que encumbraron a Mimar Sinán.

18. CONCLUSIONES 3. EL RACIONALISMO CONTRUCTIVO DE SINÁN

Es el momento de pormenorizar aspectos de las mezquitas de Mimar Sinán. De lo expuesto con anterioridad en este trabajo; de los análisis, de las circunstancias, de las causas y de los pormenores ocurridos a lo largo del tiempo en la construcción de los edificios cupulados se ha tratado tanto el estado de la cuestión, como el estado del arte. Se ha transitado de la construcción a la técnica. De los materiales a la ingeniería. De las causas a los logros.

Partiendo de tipos arquitectónicos definidos se han concluido obras únicas. El proceso de desarrollo y evolución ha sido explicado y explicitado. La cuestión final trata sobre las obras más celebradas de Sinán; sus mezquitas de los sultanes, aquellas que maravillaron a las occidentales, aquellas que sentaron la base de la arquitectura clásica otomana, aquellas que encumbraron a un arquitecto sin igual. Posiblemente valorado de manera injusta, o incluso, infravalorado en la Europa occidental, pero que hoy es, sin duda una referencia para el pueblo turco.

Como ya se ha dicho, siempre ha habido una división en el estudio entre arquitectura occidental y arquitectura oriental, aún tratándose de épocas contemporáneas. Siempre se ha estudiado por separado el Renacimiento italiano y el Renacimiento otomano. Pocos autores occidentales han tratado ambos por igual. Uno de ellos es el historiador, ya mencionado, Spiro Kostof que en su libro "History of World Architecture" ofrece una yuxtaposición entre los monumentos otomanos e italianos de los siglos XV y XVI.

La mayoría de las publicaciones no turcas pecan de un "eurocentrismo occidental" en el tratamiento de la historia arquitectónica, aunque es posible encontrar textos sobre la vida y obras de Sinán. (1)

El arquitecto alemán Bruno Taut escribió en 1938 una publicación para los estudiantes de la Academia de Estambul. Taut comparó la arquitectura de Sinán con los logros técnicos del gótico, calificándola de "Arquitectura Constructiva"; el estilo de Sinán optimiza la armonía ideal entre la construcción racional, la técnica y la proporción. Se podría hablar de "racionalismo estructural" en las obras de Sinán.

(1). Cornelius Gurlitt: Die Baukunst Konstantinopels. (Berlín 1907-12). Cornelius Gurlitt Gustav (1 enero 1850 a 25 marzo 1938) era un arquitecto e historiador del arte. Fue co-fundador y presidente de la *Bund Deutscher Architekten* ("Asociación de Arquitectos Alemanes") y el director de la Universidad Técnica de Dresde, donde también fue profesor de historia del arte y la historia de la construcción. (op. ct.)

Sedad Hakki Eldem⁽²⁾ uno de los pioneros del “Segundo Movimiento Nacional” de la arquitectura turca (1940-50), juzga a la arquitectura otomana como más avanzada que la tradición constructiva del Renacimiento Italiano en donde primaba la fachada y el ornamento sobre la función formal.

Dogan Kuban habla también de racionalismo estructural y de la supeditación del ornamento a la forma.

En cualquier caso el debate sobre estas cuestiones sigue abierto. Por otro lado decir que en la cultura turca Sinán ha sido elevado a la categoría de héroe, concediéndole poderes superiores. Incluso se decía que Sinán era capaz de volar. Evidentemente estos son datos anecdóticos que constatan el tratamiento del personaje según el autor.

En el caso de Sinán se puede decir que el estilo no es sólo una cuestión de cronología. Intervenían también el patronazgo y la ciudad donde se ubicaban sus monumentos. Recordar que la mayoría de las obras de Sinán se sitúan en Estambul o sus alrededores. Las de otras zonas más alejadas del centro del imperio estarían diseñadas por él, pero desarrolladas por otros. Hay que tener en cuenta que Sinán, como arquitecto real tenía a su disposición una pléyade de colaboradores que, entre otras, realizaban esta función de supervisión y desarrollo de sus obras. El patronazgo de las obras de Sinán era importante, pero no definitivo. Por decirlo de alguna manera, los programas estaban negociados con los mecenas.

Recordar el caso de las obras mencionadas con reiteración como son la cúpula de Florencia de Brunelleschi o la cúpula de San Pedro, en Roma. Había todo un elenco de personajes que juzgaban, asesoraban, aconsejaban y, evidentemente, sufragaban las obras. El caso de San Pedro es más significativo; los sucesivos papas hacían sus particulares aportaciones a una obra que se dilataba en el tiempo de manera exasperante.

Con los sultanes otomanos esto no era así; el arquitecto tenía “carta blanca” una vez definido el proyecto. Era una relación entre el sultán y su arquitecto jefe, exclusivamente. Aún por ello la omnipresencia de Santa Sofía y su diálogo con la ciudad de Estambul era tan importante que ha motivado debates concernientes al “origen” y “originalidad” de la arquitectura otomana.

(2). Nacido en Turquía en 1908, Sedat Hakki Eldem estudiado en Occidente antes de volver a Estambul para estudiar en la Academia de Bellas Artes. En 1932 se convirtió en profesor asistente en la Academia. En esta capacidad él actuó como un catalizador importante en el desarrollo de la arquitectura turca. A principios de 1930, Eldem rechazó la tradición Beaux-Arts y dio su apoyo al funcionalismo temprano. Él desarrolló un estilo basado parcialmente en la atmósfera nacionalista de la nueva República de Turquía después de la guerra. Durante la década de 1940, Eldem cambió su enfoque a la arquitectura vernácula del último período del otomano, tanto en su enseñanza y en la vida profesional.

La primera gran mezquita de Sinán en Estambul; la Sehzade Mehmet o mezquita del príncipe, llamada así en honor al príncipe Mehmet, hijo primogénito del sultán Süleyman y de una de sus mujeres; Hürrem, fue un cambio en el concepto de experimentación con cúpulas que había emprendido Sinán con la Mihrimah sultán en Üsküdar.

La Sehzade Mehmet sería especial por dos aspectos. El primero porque era la primera y la única mezquita, con su complejo incluido, de semejantes características construida, no en honor de un sultán, sino de un príncipe. Sinán acometió el proyecto de forma apresurada, dándole preponderancia sobre la ya iniciada mezquita de Mihrimah.

El esquema que adoptó Sinán era de una racionalidad estructural sin precedentes. Por primera vez se producía una planta centralizada cupulada con un sistema de contrarrestos absolutamente simétrico. En efecto, la cúpula central estaba contrarrestada por cuatro semicúpulas de forma perfectamente armoniosa, muy coherente.

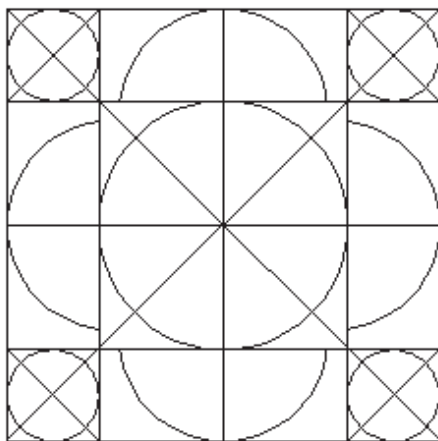


Fig.1. Esquema del sistema de contrarresto de cúpulas de la Sehzade Mehmet. (Autor).

Aunque modestamente Sinán dijo en su biografía que esta era “la obra de un aprendiz”, la verdad es que fue un paso novedoso en lo concerniente a la experimentación con edificios de planta centralizada y cúpula única. Se puede afirmar que a partir de aquí, Sinán ya había comenzado un camino de búsqueda hacia la solución ideal de planta centralizada cupulada como objetivo en sí mismo.

Aunque el diámetro de la cúpula central (unos 19 metros) no era un gran logro, a tenor de lo ya conseguido con anterioridad, sí que lo fue el sistema

estructural y de contrarresto que, de hecho, solo se volvería a repetir en la mezquita del Sultán Ahmet, o Mezquita Azul en 1617.

Se abandonan aquí “medias soluciones”, como eran la de contrarresto por sistemas mixtos de arcos torales y semicúpulas. El sistema es totalmente racional. La cúpula apoyaba sobre cuatro soportes que configuraban un cuadrado que mediante las correspondientes pechinas se concluía en una cúpula de ladrillo.

A su vez los cuatro soportes eran ayudados de cuatro bóvedas de horno que apeaban, de nuevo, en dos pequeñas bóvedas cada una.

Volviendo a la relación entre estabilidad y conservación de forma, esto es, geometría, se está aquí ante una racionalidad geométrica aplastante. Todo el conjunto funciona al unísono de forma perfectamente equilibrada.

La forma del edificio es totalmente rígida, ya que su absoluta geometría no daba opción a otra cosa que no fuera un perfecto equilibrio. La línea de empujes también se acomoda de forma simétrica en las dos direcciones de los ejes de simetría.

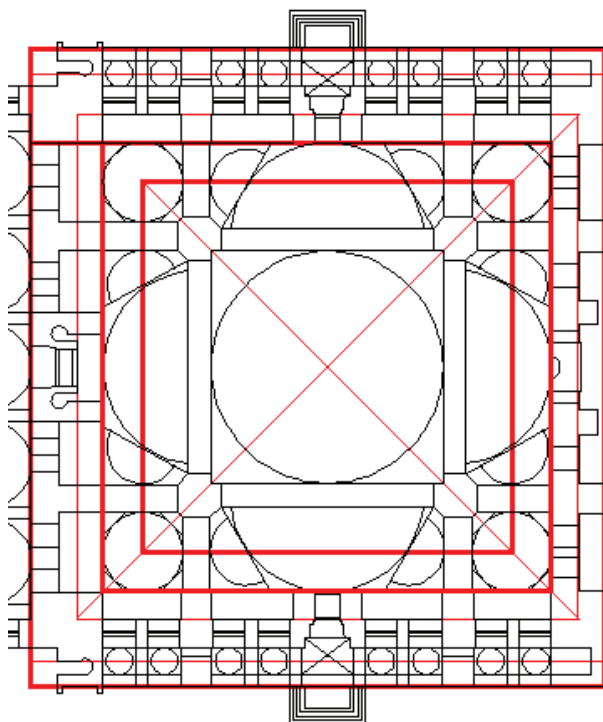


Fig.2. Esquema de relaciones geométricas de la Sehzade Mehmet. (Dibujo del autor).

La figura 2 muestra las líneas principales del esquema geométrico de la Sehzade Mehmet. Como se aprecia es una composición en cuadrados equidistantes que van ampliándose desde el mismo centro de la cúpula.

El muro de acceso a la sala de oración, esto es, el opuesto a la quibla muestra dos potentes contrafuertes al interior dejando entre ellos pequeñas zonas a modo de nichos. Por lo demás el esquema es puramente simétrico, pero esto es una particularidad a reseñar. Los dos muros transversales a la dirección de la quibla muestran contrafuertes que, además, se extienden hacia los pequeños pórticos que flanquean el edificio formando parte de ellos.

En las cuatro esquinas de la zona central de la sala de oración se sitúan otros tantos recintos cupulados que contribuyen a estabilizar el conjunto de manera definitiva.

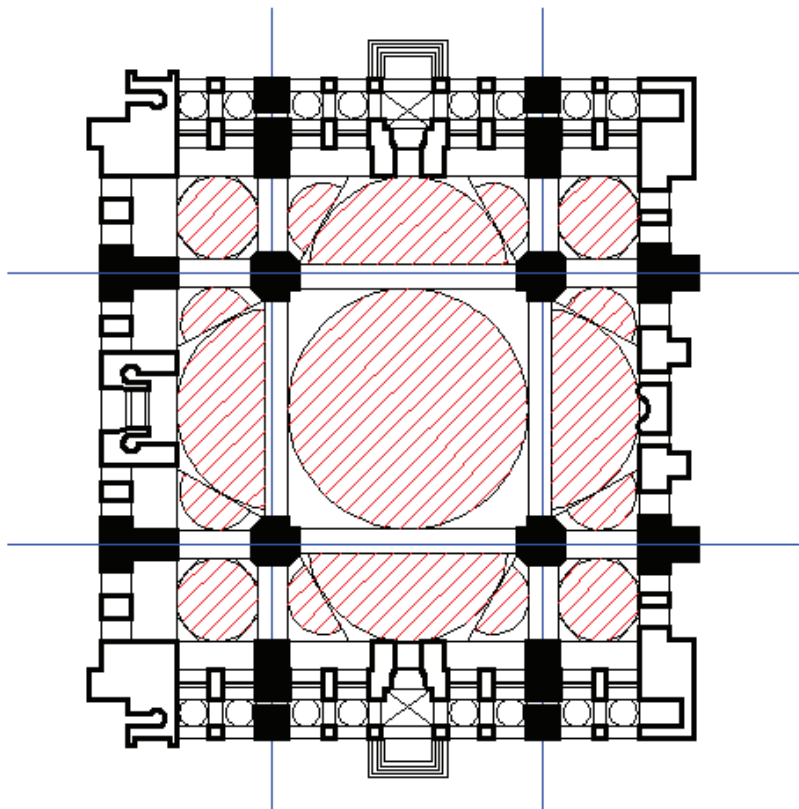


Fig.3. Sistema de cúpulas, soportes y contrafuertes de la Sehzade Mehmet. (Dibujo del autor).

Es de destacar la asimetría en cuanto a la composición del muro de la quibla y su opuesto. Este último tiene los contrafuertes al interior, mientras que el propio de la quibla los tiene al exterior. Aún así los de los otros dos muros transversales también están al interior, pero esta disposición de contrafuertes no altera en modo alguno la diafanidad espacial de la zona central como se aprecia en la figura 3 que solo se ve interrumpida por los cuatro macizos de

soporte de la propia cúpula. En cualquier caso el sistema de contrarresto de cúpulas es sumamente explícito.

La geometría en el plano vertical es de una pureza manifiesta. La sala de oración está inscrita en un cuadrado perfecto, cuya altura es el de dos veces el diámetro de la cúpula principal. Además, incidir en la simetría estructural, por lo que la sección longitudinal y transversal de la sala de oración estarían regidas por la misma geometría.

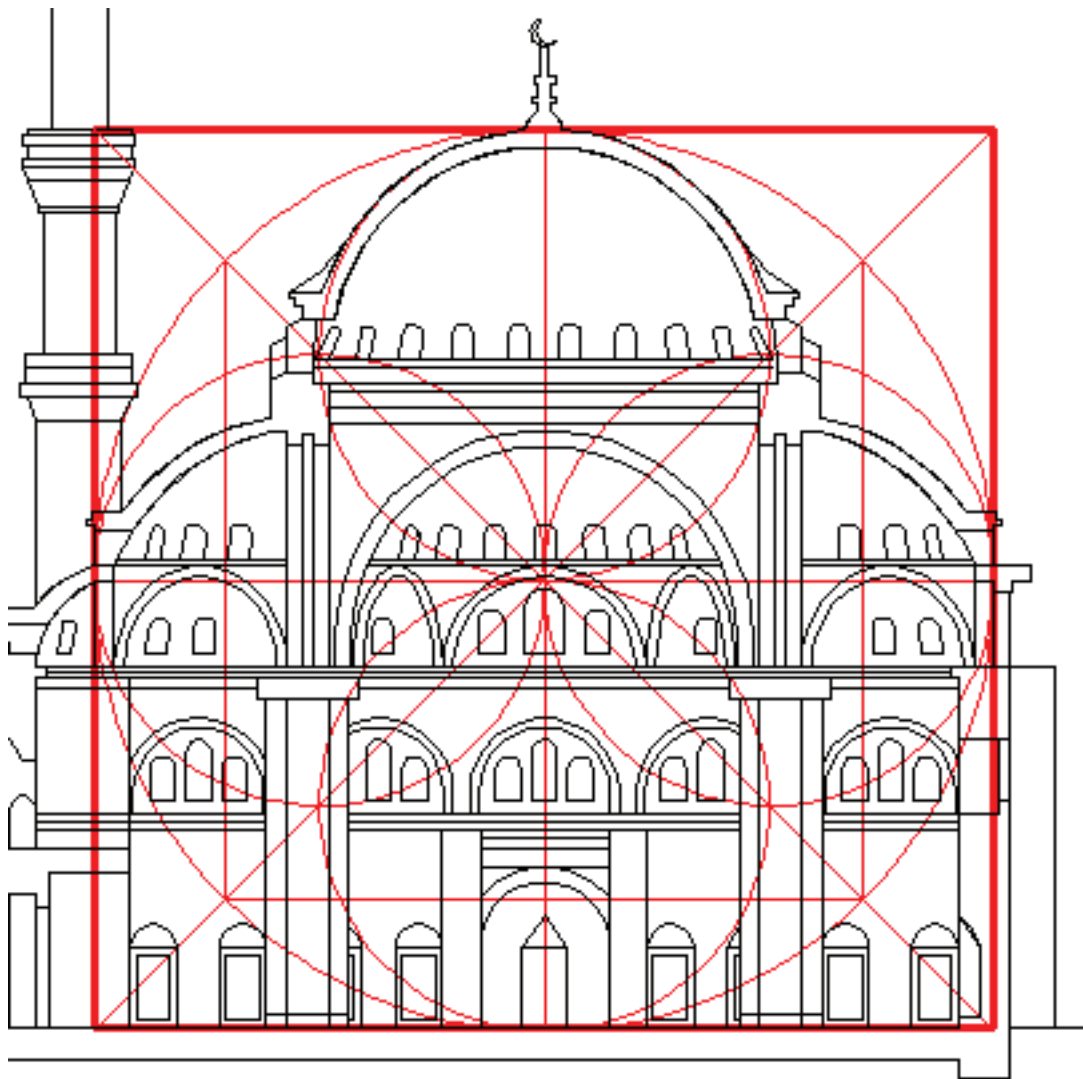


Fig.4. Geometría de la sección de la Sehzade Mehmet. (Dibujo del autor).

Resulta más que obvio que la concepción que Sinán aplicó al espacio de esta mezquita se movía dentro de unos parámetros geométricos y de proporciones perfectamente calculados. La mezquita, descontando el patio, estaría inscrita

en un cubo. Es evidente, entonces que el concepto de equilibrio basado en la geometría fue tenido en cuenta a la hora de la ejecución del proyecto.

Al interior aparecen elementos metálicos para asegurar que los movimientos de las partes fueran los mínimos posibles. Los tirantes de hierro, que ya eran una constante, actuaban para restringir los posibles movimientos a los que pudiera estar sometido el conjunto del edificio.

Los tirantes se anclan en cinturones, también de hierro, en la base de los capiteles, justo en el arranque de los arcos. También están presentes en las pequeñas semicúpulas que apean a las bóvedas de horno absidales.

En suma es todo un perfecto conjunto estructural extremadamente elaborado donde todas las partes parecen haber sido puestas al servicio del equilibrio. En efecto, la “forma” del edificio está asegurada, con lo que la “acomodación” de las funiculares estaría más que garantizada. Además la esbeltez de sus elementos y la delicada delgadez de sus cúpulas no se verían comprometidas a cambios sensibles en las condiciones de contorno ya que todo el edificio funcionaría como un conjunto prácticamente indeformable.



Con esta mezquita Sinán dio un paso decisivo e inició un camino que estaba condenado a recorrer. Había llevado a cabo, en apenas cinco años, la primera gran mezquita con una clarividencia estructural y de equilibrio como no se había hecho antes.

El futuro estaba delante de él, del gran Sinán, del arquitecto clásico otomano por excelencia.

La siguiente gran mezquita que acometió Sinán fue la del mismísimo sultán Süleyman.

Como era costumbre las obras imperiales se acometían en treguas o periodos de paz entre campañas militares. De hecho esta mezquita fue llevada a cabo en el lapso entre dos campañas militares contra los Safávidas y después de haber firmado el sultán Süleyman una tregua con el emperador Carlos V y con Fernando I de Austria (1547). El sultán se considero ya como el heredero del imperio Romano y decidió la construcción de “su” mezquita en marzo de 1548. Quería algo que a semejanza de Santa Sofía proclamase la perfecta concordancia entre estado y religión en la figura del sultán.

Así fue como en 1557 se consagró la Suleimaniye. Esta mezquita, al igual que la de Bayaceto II, volvía a ser un homenaje a Santa Sofía, al menos formalmente.

Sinán retomó de nuevo el esquema de zona central cupulada flanqueada por dos bóvedas absidales, siendo las naves laterales cupuladas y apareciendo, de nuevo cuatro cúpulas en las esquinas de la sala de oración.

Sinán tomó un nuevo camino, acaso forzado por las preferencias del sultán y su admiración hacia Santa Sofía. Esta vez la sala de oración no respondía a un esquema simétrico biaxial. Aparecían dos ejes de simetría, aunque eso sí, la planta seguía siendo un cuadrado.

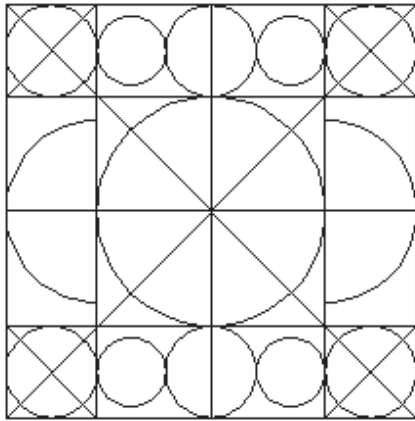


Fig.5. Esquema del sistema de contrarresto de cúpulas de la Suleimaniye. (Dibujo del autor).

En el esquema de la Suleimaniye se aprecia el juego de cúpulas así como las pequeñas que se ubican en las cuatro esquinas del cuadrado, al igual que en la Sehzade.

Sigue presente la planta centralizada, pero ya no la simetría de contrarrestos. El esquema bien pudiera tratarse de lo presentado en Sehzade y lo observado en Santa Sofía.

Sinán describió la Suleimaniye como “la obra de un buen constructor”. De nuevo la relación de las partes con el todo era exquisita, todo aparece al servicio de la geometría, de la estabilidad.

El diámetro de la cúpula central se acercaba al de la iglesia de Justiniano, concretamente tiene 26.5 metros, esto es, próximo al de Santa Sofía y bastante mayor que la de Bayaceto II. En cualquier caso se aprecian relaciones de la Suleimaniye con la mezquita de Bayaceto y la de Santa Sofía (Hayasofia).

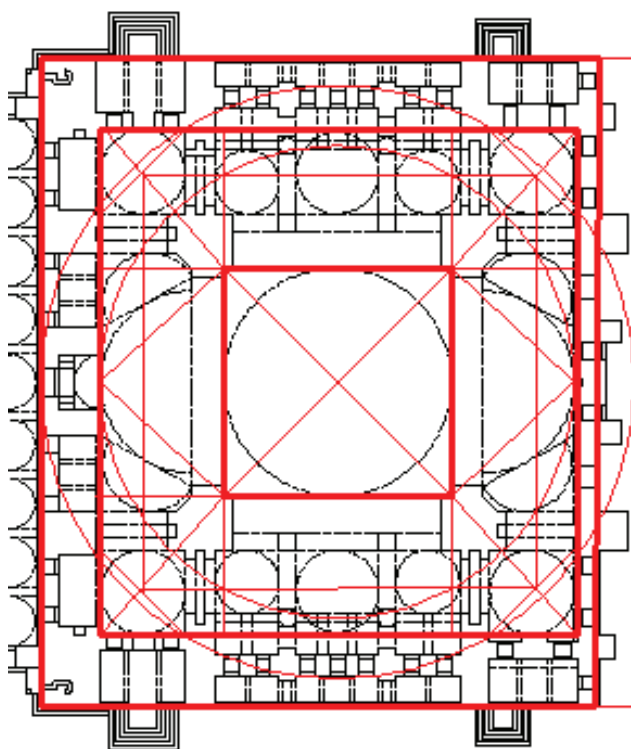


Fig.6. Esquema de relaciones geométricas de la Suleimaniye. (Dibujo del autor).

Aunque el esquema geométrico es preciso, no es tan rotundo como en la Mezquita del Príncipe. Se aprecia, de nuevo, la insoslayable influencia de Santa Sofía en las mezquitas de los sultanes. Tanto que el mismísimo Sinán tuvo que avenirse a remedarla formalmente.

El espacio central de la sala de oración sigue siendo un cuadrado con cuatro cúpulas en sus vértices, pero la asimetría de los muros de la quibla y de acceso a la sala se refleja con las mismas particularidades que en la Sehzade Mehmet.

En efecto, la posición de los contrafuertes a interior y a exterior de dicha sala, es igual que en la Sehzade, pero además también lo es el ritmo de las cúpulas de las naves laterales (los porqués de esto ya fueron explicados en su apartado correspondiente).

También a diferencia de la Sehzade, aparecen sendos pares de columnas entre los grandes macizos de soporte de la cúpula, en la dirección del muro de la quibla. La función estructural de estos soportes es inexistente, solo funcionan para marcar el diafragma que representan sendos tímpanos calados de ventanas.

Estos elementos también están presentes en Santa Sofía acaso con el mismo propósito.

Aunque evidentemente bebe en las fuentes de Hayasofia, la Suleimaniye lo que hace es reinterpretarla. Sinán tenía un profundo conocimiento del templo bizantino, y gracias a ello su interpretación es la adecuada pero sin perder la idea de espacio central cupulado.

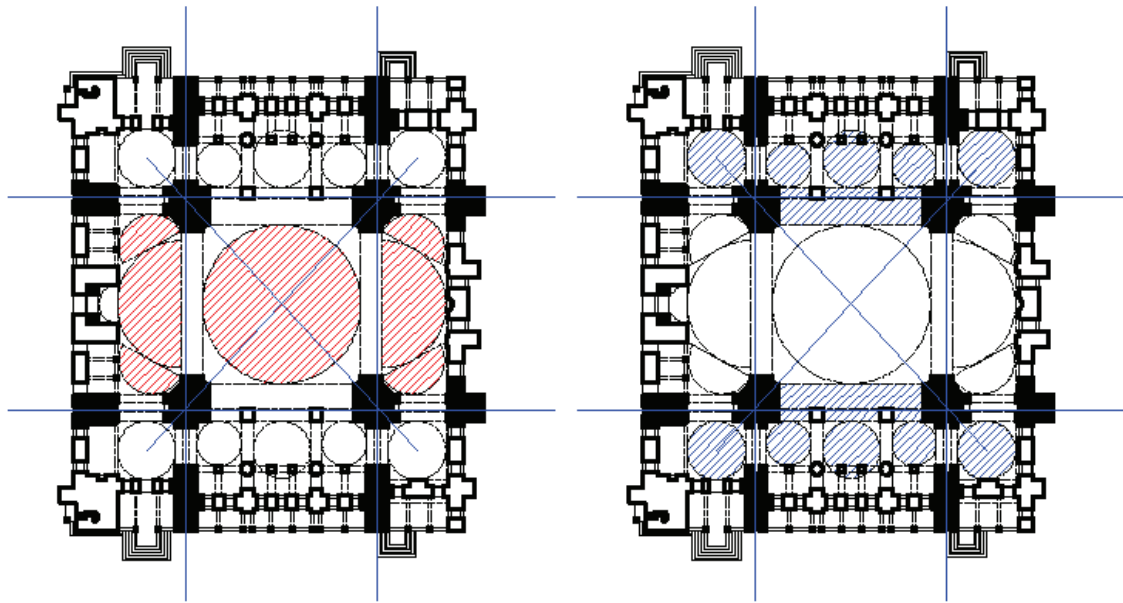


Fig.7. Sistema de cúpulas, soportes y contrafuertes de la Suleimaniye. (dibujo del autor).

La figura 7 muestra el sistema de contrarresto en los dos ejes de la planta de la Suleimaniye. La parte en rojo que correspondería a la dirección perpendicular a la quibla denota el sistema de cúpulas heredado de Santa Sofía, mientras que en azul aparece el sistema de cúpulas de las naves laterales.

La disposición de los contrafuertes para ayudar a la estabilidad ya están en el mismo lenguaje clásico que en la Sehzaide Mehmet. En efecto se sitúan en las direcciones perpendiculares de los macizos centrales de soporte de la cúpula. Resulta evidente la sutileza de su disposición.

Ya ha sido comentada la construcción de los colosales contrafuertes que Isidoro el Joven creyó conveniente para mantener la estabilidad de Santa Sofía. También se ha atendido a la oportunidad o acaso a la necesidad de estos, pero en cualquier caso ahí están.

Sinán también tomó nota de este aspecto y si creyó en su necesidad no lo fue tanto en su tamaño.

De los cuatro paramentos en que aparecen dispuestos sólo en el muro de la quibla se reflejan al exterior, mientras que en los otros se integran perfectamente al interior. El motivo resulta evidente; el muro de la quibla debe ser un paramento limpio y despejado. Esta prerrogativa no resultaba tan

acuciante en los otros tres. En efecto el muro de acceso a la sala de oración dispone de contrafuertes al interior creando nichos, mientras que en los otros dos muros laterales se integran de manera armoniosa con los pórticos exteriores y no sobresalen en altura sino hasta la línea de coronación de las cúpulas de las esquinas.



Fig.8. Integración de los contrafuertes laterales en los paramentos de sus muros. Suleimaniye.

Otro aspecto, que ya ha sido comentado pormenorizadamente en capítulos anteriores, es la aparición de torres verticales, casi como continuación de los soportes para ayudar a verticalizar las cargas que reciben dichos soportes y que tienen una función estructural clara y patente.

Como se desprende de lo enunciado en párrafos precedentes, el sistema está a disposición de su equilibrio, esto es; el mantenimiento de la “forma” del edificio sigue siendo el camino de la estabilidad basado en la geometría.

Por su parte el sistema de trabajo de la cúpula es el ya evidenciado en Santa Sofía y las mezquitas de los sultanes precedentes (Mehmet II, Bayaceto II y Sehzade Mehmet). La búsqueda de la idoneidad de la forma, el mantenimiento de la misma, etc. están a disposición de la estabilidad. Todas las partes del edificio funcionan al unísono en una armonía entre superestructuras, estructuras y subestructuras. De nuevo una potente y calculada geometría permite mantener la estabilidad del edificio.

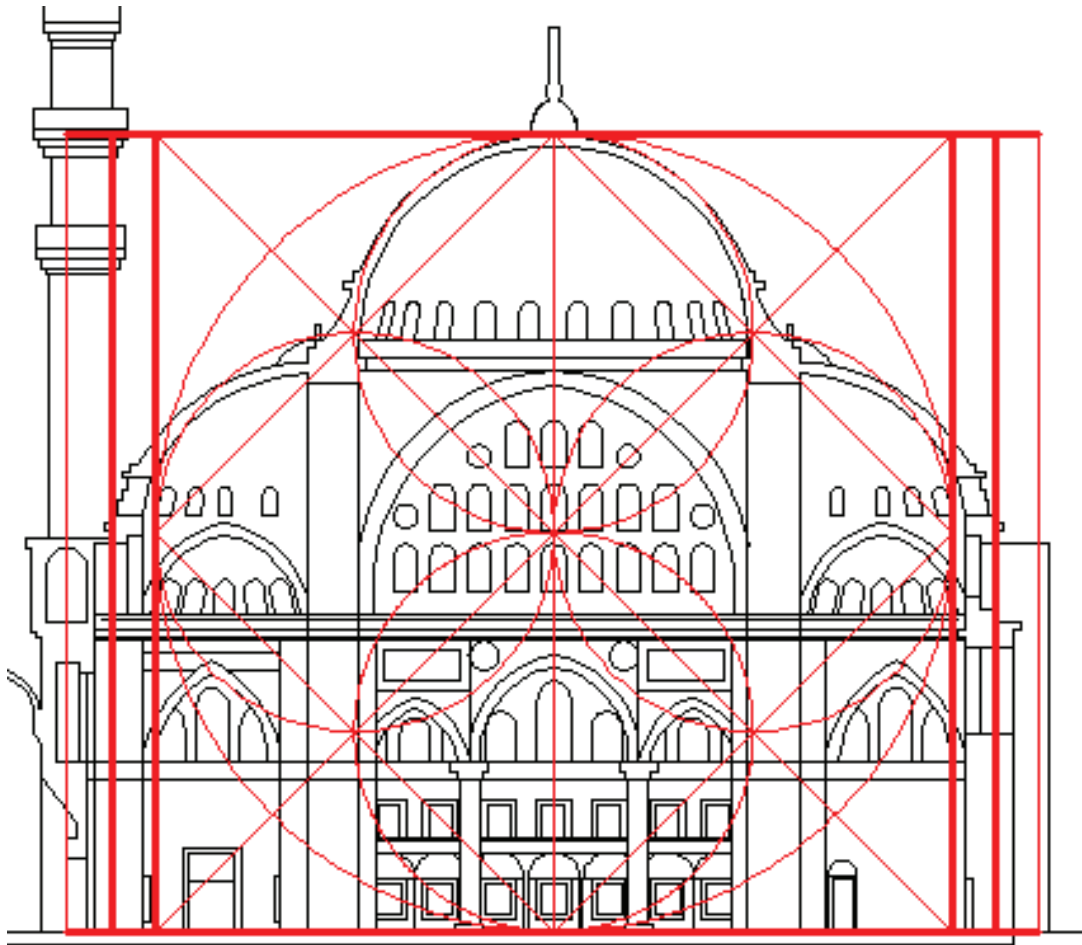


Fig.9. Geometría de la sección de la Suleimaniye. (Dibujo del autor).

Como se aprecia en la figura precedente la geometría que se observa en la sección de la dirección de las bóvedas de horno es muy similar a la de la Sehzaide Mehmet. Pero en la Sehzaide dicha sección es la misma en sus dos ejes y no así en la Suleimaniye.

La proporción en altura de la nave es igual a la de dos veces la cúpula considerada como esfera completa.

Esta mezquita presenta, no obstante, una longitud mayor que la altura, confiriéndole “más base” de apoyo a la estructura. En cualquier caso se puede decir que la línea de empuje que se genera a partir de su cúpula principal es descargada, de nuevo, por toda la sección del edificio, reincidiendo en la idea de la subordinación de todos los elementos a un objetivo común, ayudada, por supuesto, por la correcta y estudiada geometría del conjunto.

De nuevo se aprecia la relación fundamental entre forma y estabilidad basada en la geometría.



Fig.10. Sección volumétrica en la dirección del eje central paralelo al muro de la quibla. (Construcción 3D del autor).

La sección transversal a la marcada por la dirección de la quibla muestra una contundencia en otro sentido, en efecto no se aprecia la cascada de cúpulas como si aparecen en su sección perpendicular. Por así decirlo es una sensación de masas más equilibradas en el sentido vertical.

Aparece la sección de los arcos torales que soportan a la cúpula en esta dirección y un esquema más vertical, a favor de la evacuación de cargas.

También se aprecian las cúpulas a uno y otro lado de la nave principal y que constituyen las naves laterales.

En la Suleimaniye, al igual que en Santa Sofía, al carecer de simetría en ambos ejes sí que aparecen elementos diferenciadores al servicio de los dos ejes.

Pero a diferencia de en la catedral Bizantina, la mezquita tiene planta cuadrada. Este aspecto formal es más que decisivo en el esquema estructural y de equilibrio. Las cargas y masas de la Suleimaniye siguen estando no sólo más equilibradas, sino más centradas. Se observa que los arcos torales están ayudados de contrafuertes, pero en ningún caso de manera tan potente como en Santa Sofía.

Sinán apreció la necesidad de los mismos debido al comportamiento de un arco con respecto a una bóveda de horno, pero supo disponer dichos contrafuertes con más sutileza y, por supuesto totalmente integrados en el conjunto del edificio.

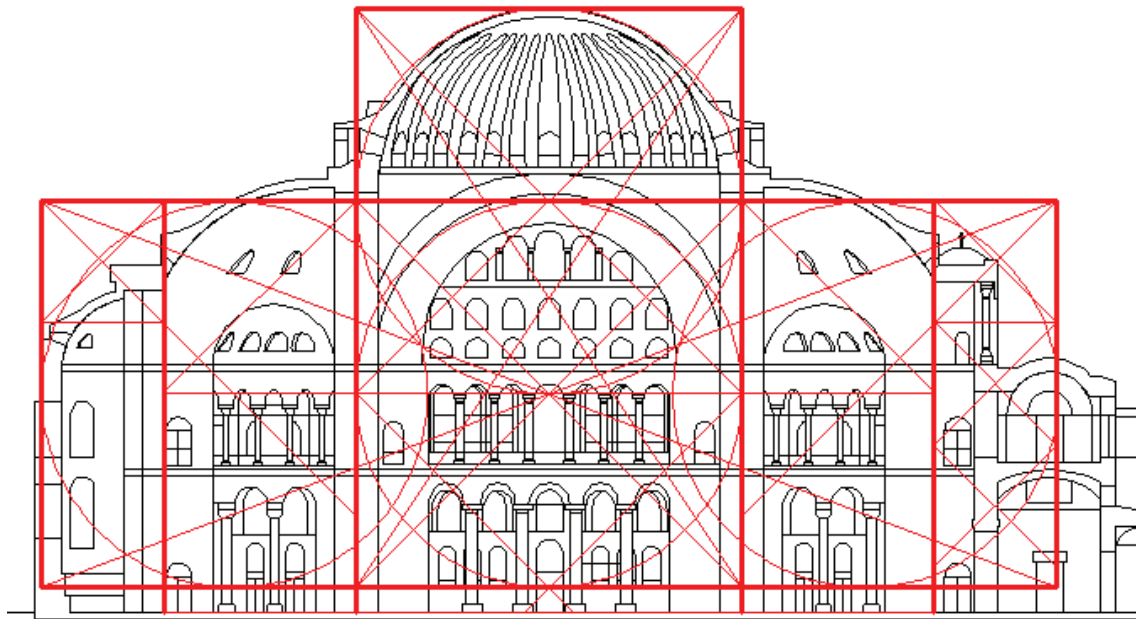


Fig.11. Geometría de la sección de Santa Sofía. (Dibujo del autor).

La sección longitudinal de Santa Sofía muestra a las claras su vocación de planta basilical, ya que no aparece como en las dos mezquitas anteriores de Sinán inscrita en un cuadrado.

Por otra parte también las líneas geométricas se muestran menos claras. Es, por tanto evidente, que aunque sirvió de inspiración la concepción del sistema de equilibrio de las mezquitas este superó con mucho a los de la iglesia bizantina.

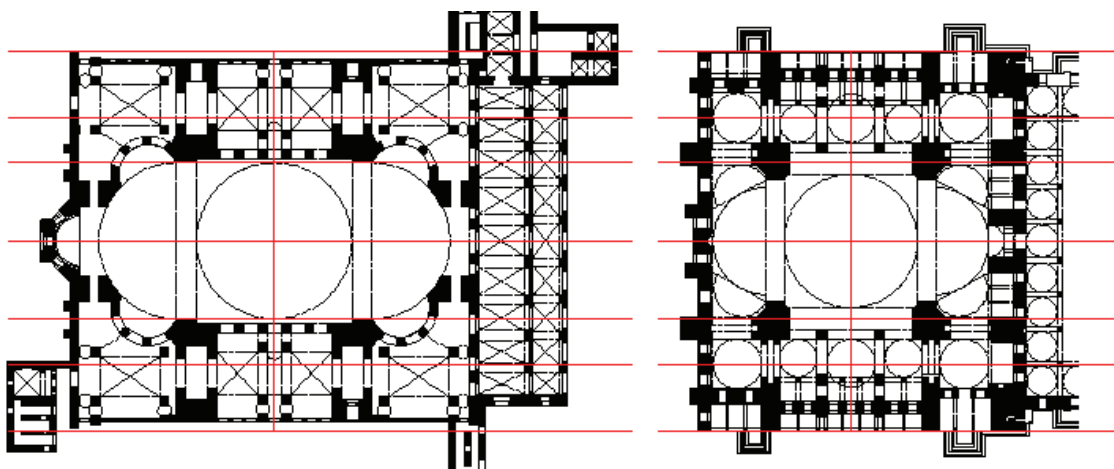


Fig.12. Planta comparativa (misma escala) de Santa Sofía (planta de Antemio e Isidoro, año 537) y Suleimaniye (sala de oración). (Dibujo del autor).

La siguiente mezquita objeto de estudio es la que el gran Sinán definió como “su obra maestra”; la Selimiye de Edirne.

Esta mezquita estuvo auspiciada y sufragada por el sultán Selím II. La personalidad del sultán puede, acaso, ayudar a comprender las vicisitudes que alumbraron “su” mezquita, en Edirne en vez de Estambul. En efecto, este sultán tenía poco que ver con el gran Süleyman. Selím II reinó sólo ocho años, entre 1566 y 1574. Previamente había sido gobernador en Konya, Manisa, Kütahya y también en Edirne.

La Historia lo retrata como un rey más interesado por el alcohol y las comodidades del harén que por las campañas militares. De hecho la derrota de la flota otomana por las tropas aliadas del Papa, los españoles y venecianos tuvo lugar en 1571, cuando él ostentaba el poder.

Pero como casi siempre la historiografía occidental exageró esta derrota ya que sólo dos años después la flota otomana estaba reconstruida y Venecia tuvo que reconocer la supremacía de la misma en 1573 con el acuerdo del pago de la cifra de una indemnización de unos 300.000 ducados.

Le Corbusier compara la Selimiye, que domina Edirne, desde su cumbre más alta con una corona, reconociendo así la genialidad de la obra maestra de Sinán. (2)

Selím, ordenó pues, la construcción en Edirne de una mezquita que no tuviese parangón en el mundo. Edirne fue la elegida ya que entre 1548 y 1550 el príncipe estuvo en la ciudad como protector de las fronteras occidentales del Imperio, lo que le granjeó la admiración y el cariño de sus súbditos. Parece ser que fue en esta época donde desarrolló su pasión por la ciudad.

En cualquier caso el primer pago para la construcción de la mezquita se realizó el 13 de abril de 1568 y el último el 2 de noviembre de 1574, justo un mes antes de la muerte del Sultán. Así la mezquita fue construida entre 1568 y 1575.

No obstante las causas de por qué la Selimiye fue erigida en Edirne y no en Estambul siguen siendo objeto de debate. Incluso (como no) se relatan apariciones en sueños al sultán del profeta Mahoma para indicar el lugar del levantamiento de la mezquita.

En cualquier caso la realidad es que la Selimiye aportó una pieza arquitectónica única a la ciudad de Edirne. No olvidar que en el mismo centro de la ciudad ya habían sido construidas la Eski camii (mezquita vieja, 1414) y la Uç Serefeli (mezquita nueva o de los tres balcones, 1447).

(2). Gülru Necipoglu. The Age of SINÁN. Architectural culture in the Ottoman Empire. Reaction Books. London 2005. P.238. (Bibliog. nº 96)

Sinán tuvo, de nuevo, la oportunidad de aportar su genio a una nueva mezquita imperial.

Al igual que la Sehzade y la Suleimaniye, la Selimiye tiene datada su construcción en decretos imperiales. Uno de ellos hace referencia a que durante la construcción de su cúpula en 1572 y 1573 el sultán ordenó unas obras de consolidación en Santa Sofía en las que intervinieron operarios a las órdenes de Sinán.

El 25 de agosto de 1573 cuando la cúpula pudo ser finalizada, Selím II mandó una carta de felicitación al cuerpo de arquitectos reales en la que les mostraba su agradecimiento, reflejando que la cúpula de la noble mezquita había sido levantada gracias a la ayuda de Dios.

Parece evidente que el sentimiento del sultán ante la grandeza de la cúpula fue bastante similar al que experimentó el emperador Justiniano 1036 años antes ante el esplendor de la de Santa Sofía.



La Selimiye oponía su modernidad en su emplazamiento en el centro de la ciudad a las también mezquitas de viernes previamente mencionadas.

Formalmente la visión de cúpula se ve enmarcada por cuatro minaretes idénticos de tres galerías. Esto también puede ser una referencia a los cuatro minaretes que flanqueaban la cúpula de Santa Sofía.

La configuración interior de la Selimiye es reflejada en su exterior donde los elementos estructurales están al servicio de la predominancia de la cúpula. La cascada piramidal de cúpulas y semicúpulas usadas con anterioridad en la Sehzade y en la Suleimaniye es abandonada para acentuar el “gigantismo” de la cúpula única de la Selimiye.

La masa de la cúpula está enfatizada por ocho torres hexagonales, coronadas por cúpulas apuntadas.

De nuevo aparecen referencias al mencionado mausoleo de Uljaytu en Sultanya, que fue personalmente visitado por Sinán en 1534, y que sin duda, su imagen dejó una impronta en la mente de Sinán.

Sea como fuere Sinán consiguió erigir una cúpula de 31.22 metros de diámetro superando, por fin, a la de Santa Sofía, interpretándose esto como un triunfo del islám sobre el cristianismo.

Es de destacar que en la Selimiye, dada la configuración de su cúpula sobre una “base” octogonal, presenta una suave transición de octógono a círculo y no sólo crea un sistema de soporte más estable que las pechinas, sino que acentúa el efecto monumental de cúpula como coronación de un espacio perfectamente unificado.

Sinán creó una obra única. Estructuralmente perfecta, equilibrada, armoniosa. No es de extrañar que él mismo la definiera como su obra maestra. Se tardaron más de 1000 años en superar la cúpula de Santa Sofía, pero Sinán, al fin lo había conseguido.

Este logro viene a poner, más si cabe, de relieve la importancia que la catedral bizantina tuvo sobre la arquitectura otomana. Fue su referencia clave desde 1453, desde que los otomanos pudieron tener constancia de ella, no desde la lejanía, en su colina, sino de su apabullante presencia física, de su sobrecogedor interior.



Desde el punto de vista de la mecánica del equilibrio la solución es brillante. La planta totalmente centralizada responde a un esquema de equilibrio perfectamente simétrico. En efecto, la cúpula levantada sobre ocho soportes encuentra la ayuda de cuatro bóvedas de horno y contrafuertes en las direcciones perpendiculares de dichos soportes, confiriendo al edificio una geometría clara y rotunda.

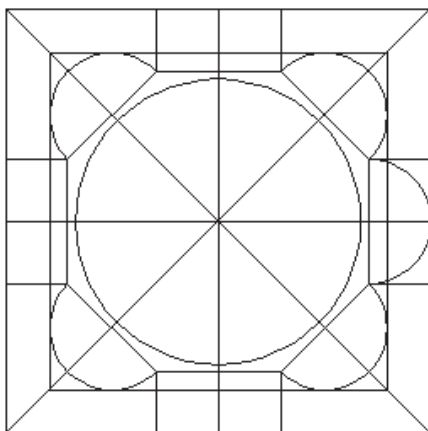


Fig.13. Esquema del sistema de contrarresto de la cúpula de la Selimiye. (Dibujo del autor).

Se va a analizar, a partir de aquí, la geometría de la Selimiye, base de su estabilidad. Se puede decir sin temor a equivocarse que el esquema geométrico de cúpula única de estas características ya no volvió a repetirse, fue pues, la última gran obra de las mezquitas de los sultanes con una claridad estructural y de equilibrio tan precisas.

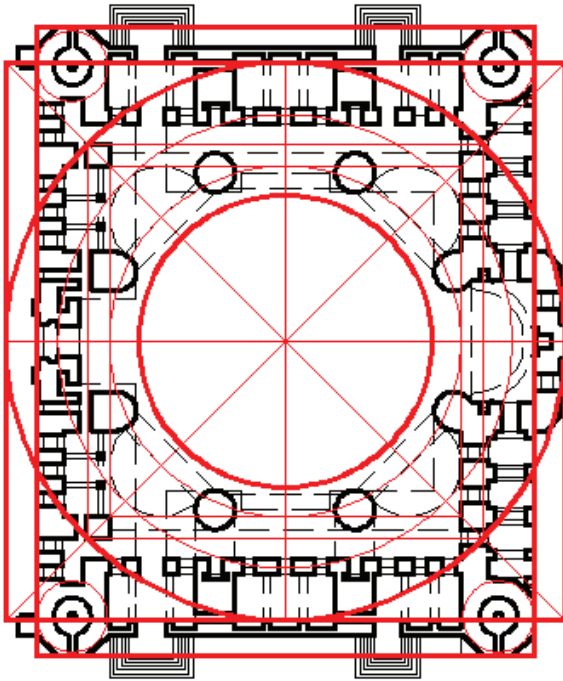


Fig.14. Esquema de relaciones geométricas de la Selimiye. (Dibujo del autor).

La planta presenta claramente un esquema en expansión desde un centro bien definido. Se aprecia claramente el espacio centralizado, perfectamente diáfano, explicitado por el cinturón octogonal de soportes que confieren una claridad sin antecedentes.

En la planta se aprecian claramente tanto el espacio central, como las naves laterales que enmarcan la zona de la cúpula. Los cuatro minaretes en las esquinas del esquema ayudan también a la percepción del espacio central. Esto es, todos los elementos están al servicio de la cúpula.

Se está ante un esquema de contrarrestos totalmente simétrico, con lo cual el equilibrio parece garantizado. Incluso en este caso la dualidad contrafuerte al exterior-contrafuerte al interior también se elimina.

De nuevo aparecen los contrafuertes como en las dos mezquitas anteriores y con las mismas características que en aquellas, esto es, perfectamente

integrados en el conjunto del edificio. Es reseñable la configuración del mirahb en el muro de la quibla de la Selimiye ya que además de integrar a los soportes, hace lo mismo con los contrafuertes.

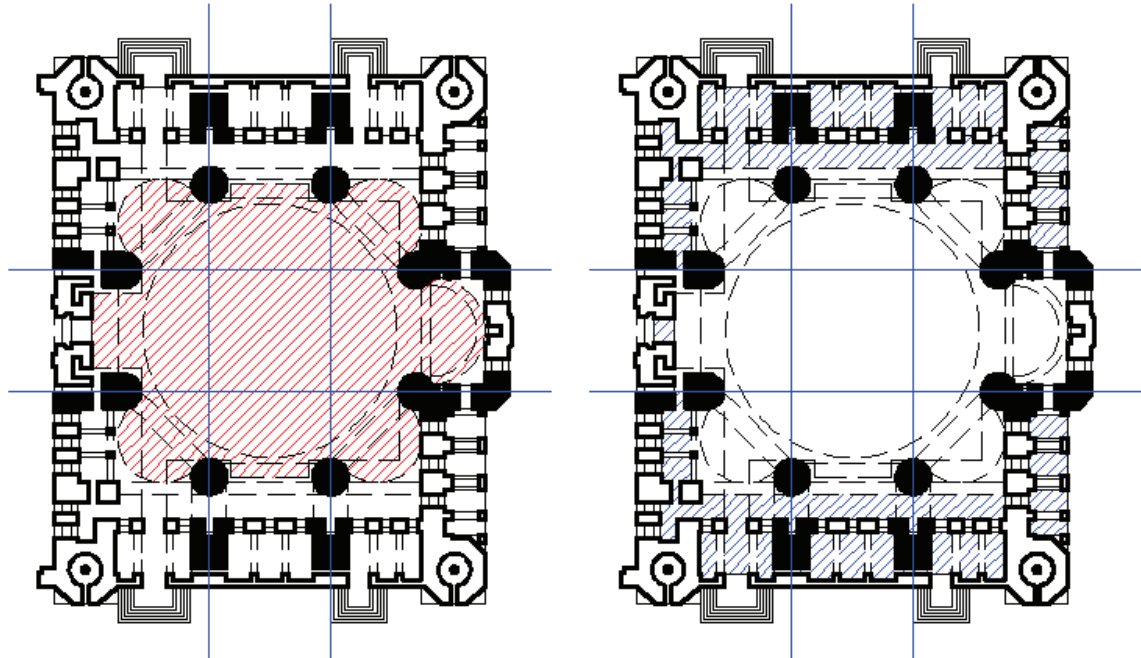


Fig.15. Sistema de cúpulas, soportes y contrafuertes de la Selimiye. (Dibujo del autor).

La figura 15 denota lo explicado anteriormente. Se aprecia claramente una zona central, diáfana y unificada, sin interrupción por elemento alguno y dicha zona central está a su vez, enmarcada por un cuadrado de naves laterales que refuerzan la potencia del espacio central.

Se aprecia también, la relación de los soportes con los correspondientes contrafuertes en ambas direcciones.

Los potentes minaretes son una aportación más al esquema y contribuyen a la estabilidad del cuadrado que recinta el espacio central. Es el único caso de mezquita otomana de los sultanes que presenta una disposición de minaretes como esta.

Los minaretes no sólo contribuyen al esquema de equilibrio, sino que enmarcan formalmente el alzado de la mezquita confiriéndole más carácter a la cúpula.

Sinán, como se aprecia, no dejó nada al azar en su autodenominada “obra maestra”; perfección formal, perfección estructural, esquema claro y rotundo. En suma una obra arquitectónica única. Esta mezquita es la evolución final de un largo proceso de investigación y desarrollo que aúna la arquitectura

tradicional otomana y las experiencias acumuladas a lo largo de campañas militares, observación de edificios y, evidentemente, con la aportación de su genio creador como constructor.

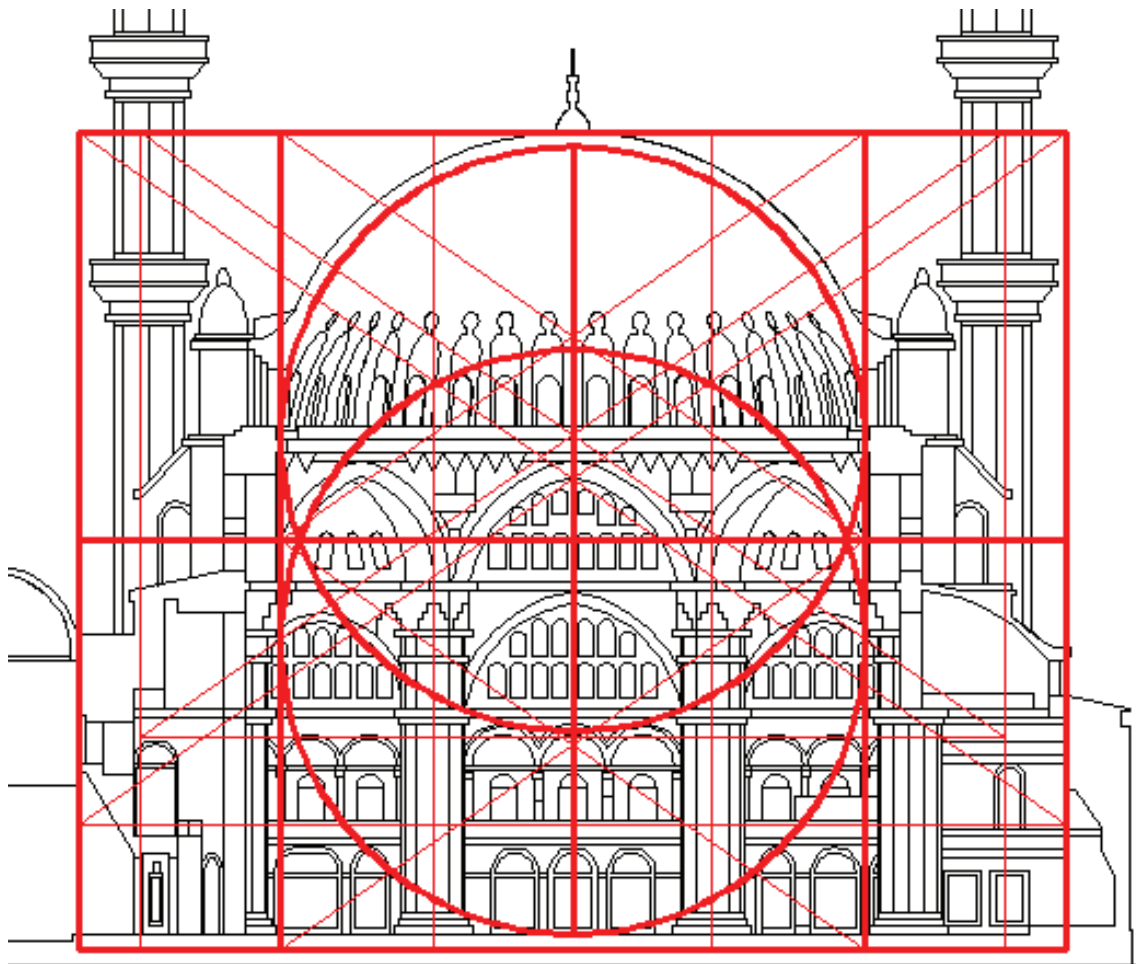


Fig.16. Geometría de la sección de la Selimiye. (Dibujo del autor).

La sección de la Selimiye denota claramente la preponderancia de la cúpula sobre el conjunto. También destaca la tendencia a la verticalización del esquema; contrafuertes, torres, soporte y arcos ligeramente apuntados.

Las proporciones evidencian la supeditación de las formas al volumen de la cúpula. Bajo la cúpula se muestran las dos sucesiones de zonas con arquerías que hace que la visión de la cúpula quede realzada como por dos coronas. Los soportes no conforman el espacio como si lo hacen en otras mezquitas de Sinán como queda claro en la Suleimaniye, quizá la más heterodoxa en lo que a planta centralizada se refiere.

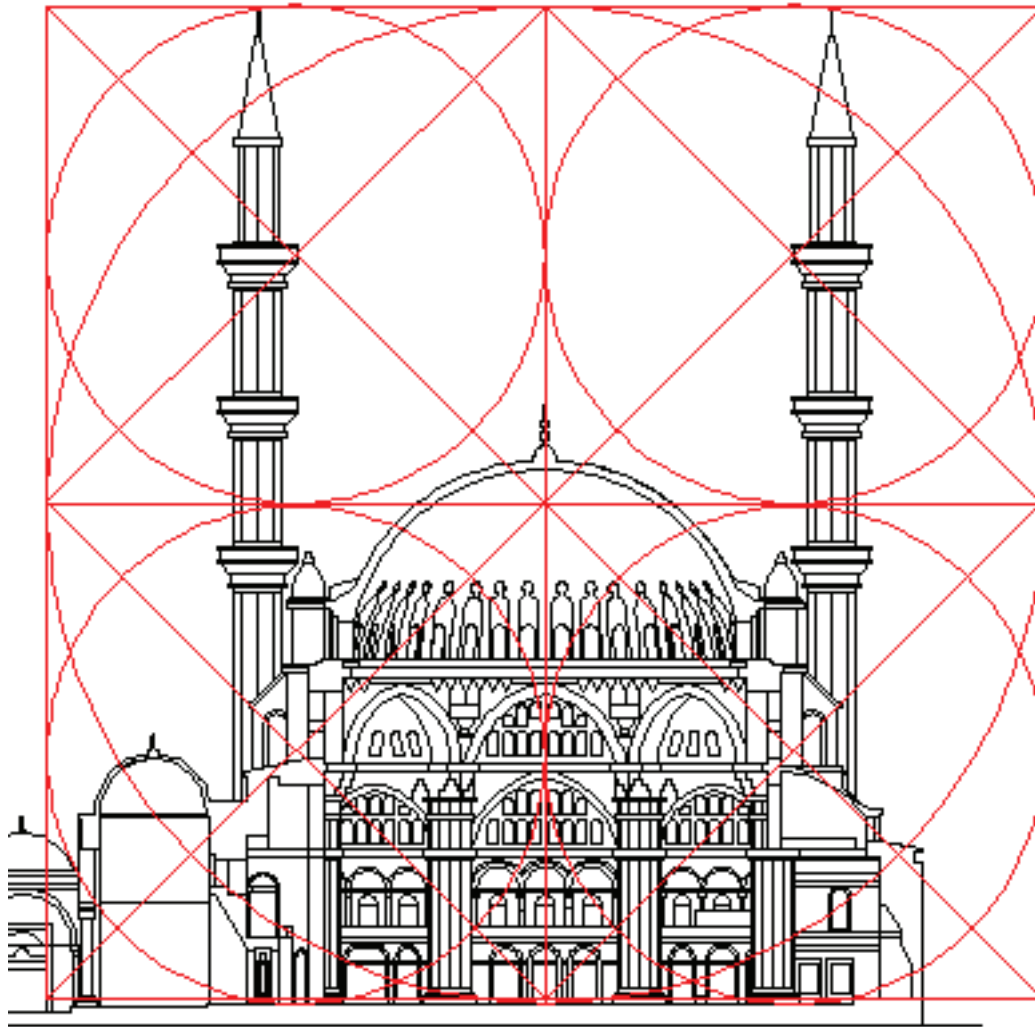


Fig.17. Geometría de la sección de la Selimiye incluida la función de los alminares para enmarcar la cúpula. (Dibujo del autor).

Si se analiza la mezquita en su totalidad, esto es, incluyendo elementos acaso accesorios pero necesarios como los minaretes, se obtiene una visión total del conjunto que refuerza la geometría formal del mismo. En efecto, se aprecia que la cúpula queda enmarcada por la verticalidad de los alminares.

La altura de los mismos no es casual. Como se aprecia en la figura 17 todas las partes del conjunto quedan integradas de una manera clara y rotunda.

Los alminares son de tres balcones al igual que en la Uç Serefeli que estaba a escasos centenares de metros de la Selimiye. Recordar que la posición de los mismos contribuye a cerrar un esquema geométrico, aportando a la estabilidad su propia contribución.

Se está ante una obra única que supone un punto y final en la evolución de las mezquitas de Sinán.

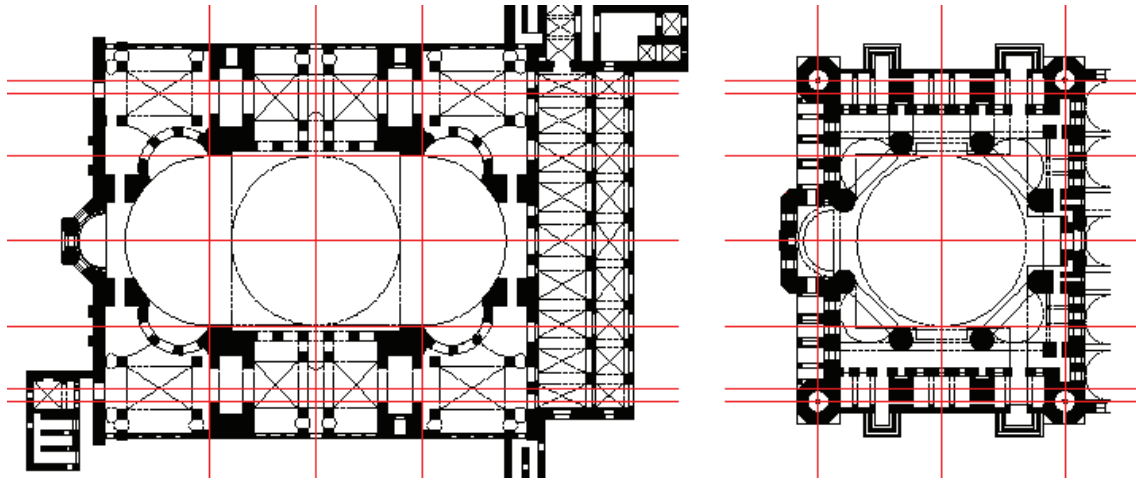


Fig.18. Planta comparativa (misma escala) de Santa Sofía (planta de Antemio e Isidoro, año 537) y Selimiye (sala de oración). (Dibujo del autor).

Tras el análisis de equilibrio y estructural de la Selimiye se podría afirmar que, por fin, el círculo se cerró. Fue un recorrido de algo más de 1000 años en busca de una cúpula única, de una concepción de planta, de unas prerrogativas formales y de una labor de genios; Antemio e Isidoro y Mimar Sinán. Referentes de dos épocas de dos religiones, de dos sociedades, de dos culturas, pero acaso con un fin común; el logro arquitectónico como icono de sus respectivos momentos.

La geometría fue puesta al servicio de la forma y esta constituyó, a su vez, el sistema de equilibrio. Estos edificios no estaban calculados, pero sí bien contruidos, y ahí es donde radicaba el éxito de sus estabilidad.

19. CONCLUSIONES FINALES

A lo largo del desarrollo de la presente tesis se han buscado dos objetivos primordiales que, a su vez, se relacionan entre sí.

1. Uno de ellos es poner en cuestión los modos de resolver cúpulas en la parte occidental del continente europeo; el Imperio romano, básicamente, y los modos llevados a cabo en la parte oriental; concretamente en la heredera del Imperio Bizantino.
2. El otro, quizá más relevante, es buscar la relación o la influencia que tuvo la iglesia de Santa Sofía de Constantinopla en las posteriores mezquitas de Estambul desarrolladas por los otomanos a partir de su conquista. Surge aquí, una figura preeminente como es la del arquitecto real del sultán Süleyman “El magnífico”; Mimar Sinán.

Mimar Sinán es, sin duda, la figura clave del Renacimiento otomano. Su relación con los autores del Renacimiento italiano ya ha quedado explicitada en la presente tesis y sus obras fueron una expresión de una época y una cultura.

El tema de cómo cubrir un espacio sin apoyos intermedios es tan antiguo como la historia de la arquitectura. (1). Pero el aspecto del desarrollo de la cúpula en sí nos lleva a un recorrido de unos 10.000 años, desde los primeros intentos hasta nuestros días. Han tenido que sucederse diversas y variadas culturas, diversidad de materias primas, materiales elaborados por el hombre, materiales recogidos de la naturaleza y usados sin transformar, formas, maneras, procedimientos..., pero el concepto no ha variado; el concepto de la forma que luego se acuñó como cúpula siempre estuvo en el trasfondo de las múltiples realizaciones.

(1). Rowland J. Mainstone. *Developments in Structural Forms*. (second edition 1998). Architectural Press. Oxford. P 115 y sucesivas. (op. ct.)

Ya se ha hecho mención a lo largo del presente trabajo de las publicaciones de Rowland Mainstone sobre estructuras en general y sobre la iglesia de Santa Sofía en particular. Imprescindible es su libro sobre Santa Sofía; Hagia Sophia. *Architecture, Structure and Liturgy of Justinian's Great Church*. Thames and Hudson, 1988. Es este un libro imprescindible para acometer los acontecimientos por los que pasó la iglesia bizantina desde su consagración hasta nuestros días.



Fig.1. Cabaña de ramas en el norte de Grecia. Mainstone.

El desarrollo de las cúpulas como elementos arquitectónicos va de la mano e inseparablemente de las culturas que las crearon y de los materiales de que dispusieron. Pasando por la madera, la piedra cortada, el hormigón, el ladrillo y las estructuras combinadas de ladrillo y hormigón.

3. El punto más importante para la construcción de cúpulas, ya como auténticos elementos estructurales fue el descubrimiento y posterior desarrollo del cemento puzzolánico en los albores del siglo II por los romanos; la llamada “caementa”. Este descubrimiento posibilitó la construcción del Panteón de Roma con una cúpula semiesférica de 43.30 metros de diámetro soportada por un ancho muro cilíndrico de 6.00 metros de espesor con fábrica de ladrillo y calado con arcos para aligerar el peso. Otro edificio fundamental que fue posible gracias al descubrimiento de dicha caementa fue la llamada Basílica Nova (basílica de Magencio) con bóvedas de 25.00 metros. El camino estaba definido.

Otro factor importante fue el paso de plantas cuadradas u octogonales a bases circulares que soportarían cúpulas semiesféricas. Esto fue posible, gracias en parte a la combinación del ladrillo y el mortero dando lugar a pequeñas trompas que se disponían en los vértices (p.e. en el templo de Minerva Médica). Hasta el siglo V este era el método más o menos habitual para pasar de una planta poligonal a una planta circular. La arquitectura de la Roma Imperial basó en el ladrillo y la caementa sus principales producciones arquitectónicas: basílicas, baños públicos, templos, etc.

En La otra parte del continente y tras la caída de Roma en 476, Bizancio se convirtió en el centro de la nueva arquitectura romana. Bizancio tenía los conceptos, pero no tenía el potencial del imperio romano en cuanto a medios para poner en práctica sus ideas.

4. La arquitectura bizantina no se puede, ni se debe entender como un suma y sigue de la arquitectura imperial romana. Tiene otras características otros fines, otras premisas. La herencia que recogió Bizancio tiene que ver con el mundo helenístico y con el mundo oriental. No en vano, ya había habido contactos en este sentido con griegos y persas.
5. La clave para las posteriores producciones arquitectónicas, tanto bizantinas como otomanas hay que situarlas en la obra de Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto bajo el mecenazgo del emperador Justiniano: la iglesia de Santa Sofía en Constantinopla, consagrada en 537.

Santa Sofía fue el empeño de un Emperador y como tal se desarrolló. Santa Sofía es sin duda un punto y aparte. Fue la conjunción entre una planta basilical y una planta centralizada. Es una obra cargada de simbolismo y de audacia estructural, de retos y de soluciones pioneras.

El mayor problema fue, evidentemente, su gran cúpula de ladrillo sostenida sobre cuatro soportes. Una pieza estructural para lograr esto fueron las pechinas, que ya se convirtieron en algo fundamental a partir del siglo VI para pasar de la planta cuadrada a la circular.

6. Santa Sofía debía proponer un sistema de equilibrio asimétrico en concordancia con su tensión espacial longitudinal-centralizada. La solución de sus autores fue un sistema mixto de contrarrestos por semicúpulas en la dirección este-oeste y por arcos torales en la dirección norte-sur. El sistema no se mostró adecuado, a tenor de las múltiples intervenciones de rehabilitación y consolidación a las que se vio sometido el edificio durante los siglos de vida del mismo y hasta nuestros días. En cualquier caso, sea como fuere, y pese a diversas y variadas circunstancias el imponente edificio sigue ahí; observando el paso del tiempo. (2)

(2). Rowland J. Mainstone. Hagia Sophia. Architectura, Structure and Liturgy of Justinian's Great Church. Thames and Hudson, 1988. (op. cit.)

Esta publicación desmenuza pormenorizadamente toda la vida del edificio; incluso desde su concepción, y planteamientos en el plano hasta nuestros días. Hace un repaso de todas las intervenciones que han tenido lugar a lo largo de varios siglos y en momentos puntuales. Describe los procesos con profusión de imágenes, planos y fotografías, así como de esquemas. Ha sido un libro de consulta fundamental en el desarrollo de la presente tesis.

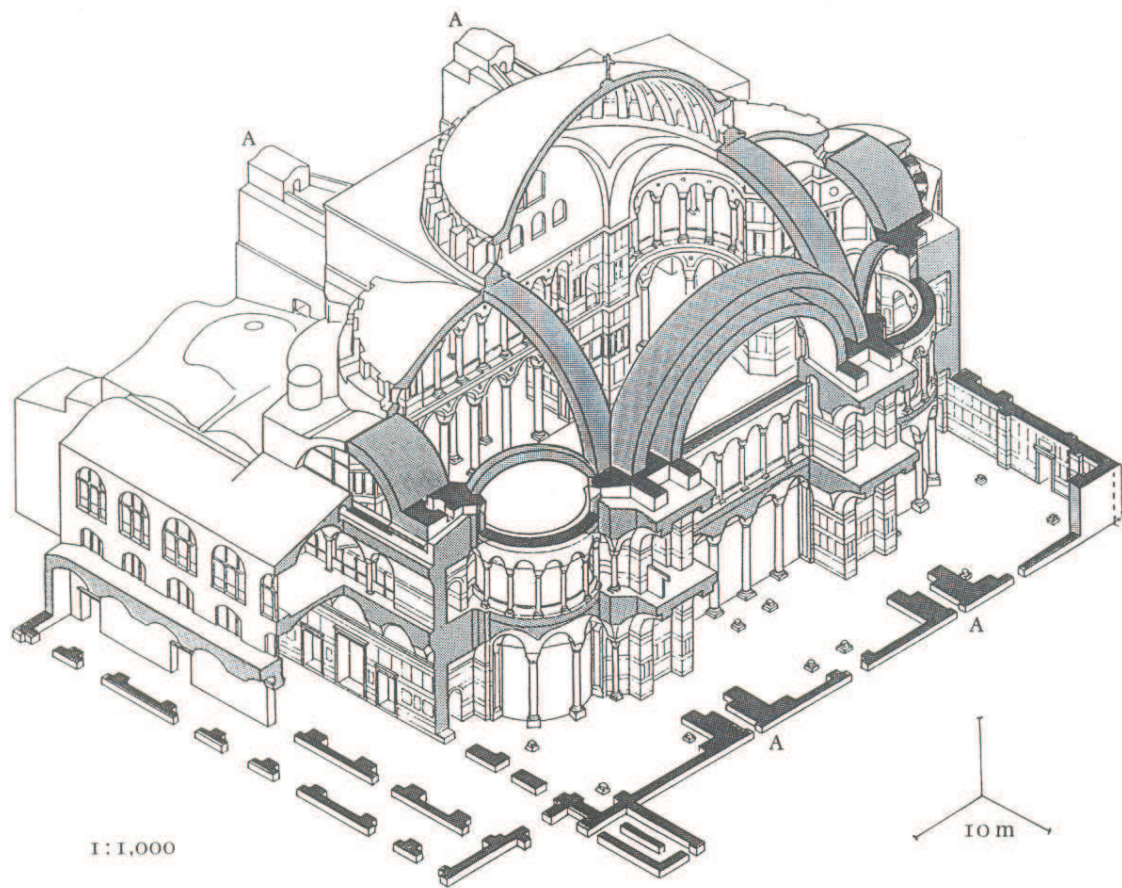


Fig.2. Dibujo original de Mainstone en el que se recogen aspectos formales y estructurales de Santa Sofía.

En el dibujo de la figura 2 se aprecia toda la riqueza espacial, formal y estructural de la Gran Iglesia. Es una perfecta combinación que inspiró la arquitectura bizantina en Centroeuropa y Rusia durante siglos y, por supuesto, las mezquitas otomanas a partir del siglo XV.

7. Una de las mayores y más importantes diferencias de la arquitectura romana y la bizantina es el tipo de fábrica. Aunque las dos son de mortero y ladrillo en la fábrica romana la proporción entre ladrillo y mortero es de 1/3 de mortero por 2/3 de ladrillo. Sin embargo, y por el contrario, en la fábrica bizantina era de 2/3 de mortero por 1/3 de ladrillo. Esto traía una consecuencia clara: la fábrica bizantina sufría deformaciones incluso durante su proceso de elaboración debido a las retracciones sufrida por la cantidad de mortero. Esto es un hecho claro y más que significado en Santa Sofía, debido, además a sus dimensiones.

Por otra parte el mortero romano era más resistente debido a la puzzolana. Los bizantinos utilizaban polvo de ladrillo en la mezcla pero este no tenía las características del mortero puzzolánico.

El tono rosado del mortero bizantino y posteriormente otomano puede ser una referencia para calibrar su época y su resistencia.

Las proporciones de los ladrillos eran también distintas a tenor de los valores de un pie romano y uno bizantino (Choisy). Los ladrillos habituales bizantinos eran cuadrados y tenían 37.50 centímetros de lado por 4 o 5 de espesor. Había otro tipo de ladrillos: los “bipedales” romanos de 70 por 70 centímetros que, por ejemplo, eran los que constituían los grandes arcos que soportaban la cúpula de Santa Sofía y, que sin duda, eran auténticos ladrillos romanos tomados de estructuras anteriores y reusados.

8. Otro elemento fundamental en las estructuras bizantinas y por ende en Santa Sofía eran las grapas de hierro y los tirantes de hierro y madera. Estos elementos servían para dos fines. Uno provisional para evitar deformaciones durante el proceso de construcción y otro para absorber los movimientos horizontales y verticales a que se veían sometidas las estructuras por efecto de los terremotos.



Fig.3. Grapas de hierro en la cornisa de la base de la cúpula de Santa Sofía. Mainstone.

9. Estos elementos metálicos tienen una importancia capital para ayudar al mantenimiento de la forma y consecuentemente de la geometría del edificio. Los otomanos también reinterpretaron este concepto aunque da forma más sutil.

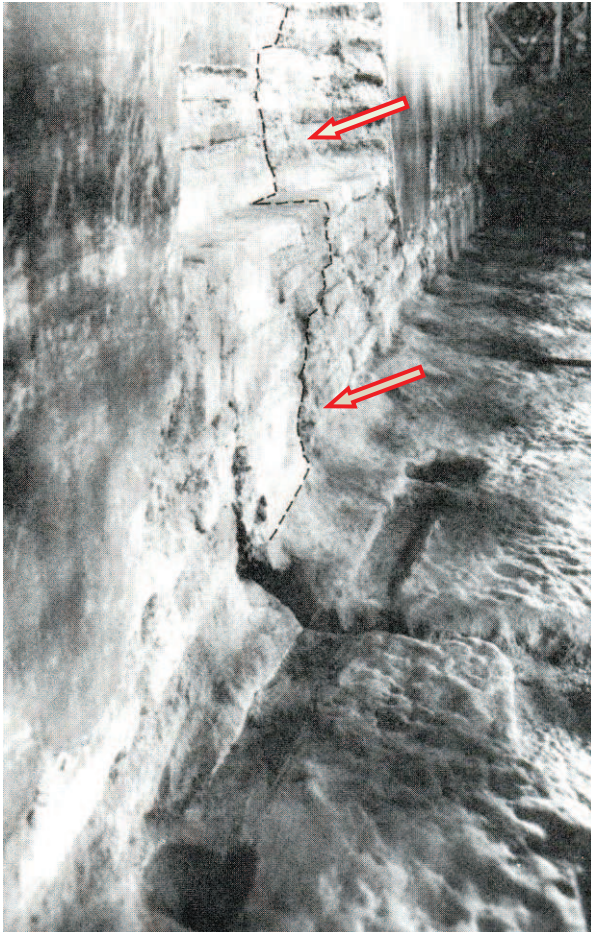


Fig.4. La ausencia de las grapas de hierro en la cornisa produce fisuras en la fábrica del arranque de la cúpula de Santa Sofía (marcadas con línea de trazos). Mainstone.

Así como los otomanos y los renacentistas italianos optaron por cadenas y anillos de hierro en las bases de sus cúpulas para contrarrestar las tracciones a que se veían sometidas estas en su arranque, Antemio e Isidoro optaron por grapar solidariamente los bloques de piedra de la cornisa principal que servía de arranque a la cúpula para evitar esos problemas.

10. Por otra parte la propia concepción de las cúpulas de fábrica de ladrillo experimentó un desarrollo con Santa Sofía. En efecto, la cúpula de Santa Sofía está constituida por lechos cónicos de ladrillo, concretamente dos roscas tomadas con mortero que dan un espesor

total de unos 80 centímetros. Además es una cúpula con un ángulo de apertura en torno a los 140° con las ventajas que eso representa desde el punto de vista mecánico como ya ha sido expuesto en capítulos precedentes. Es el mismo procedimiento que utilizaron los arquitectos otomanos para sus mezquitas y más concretamente Sinán.

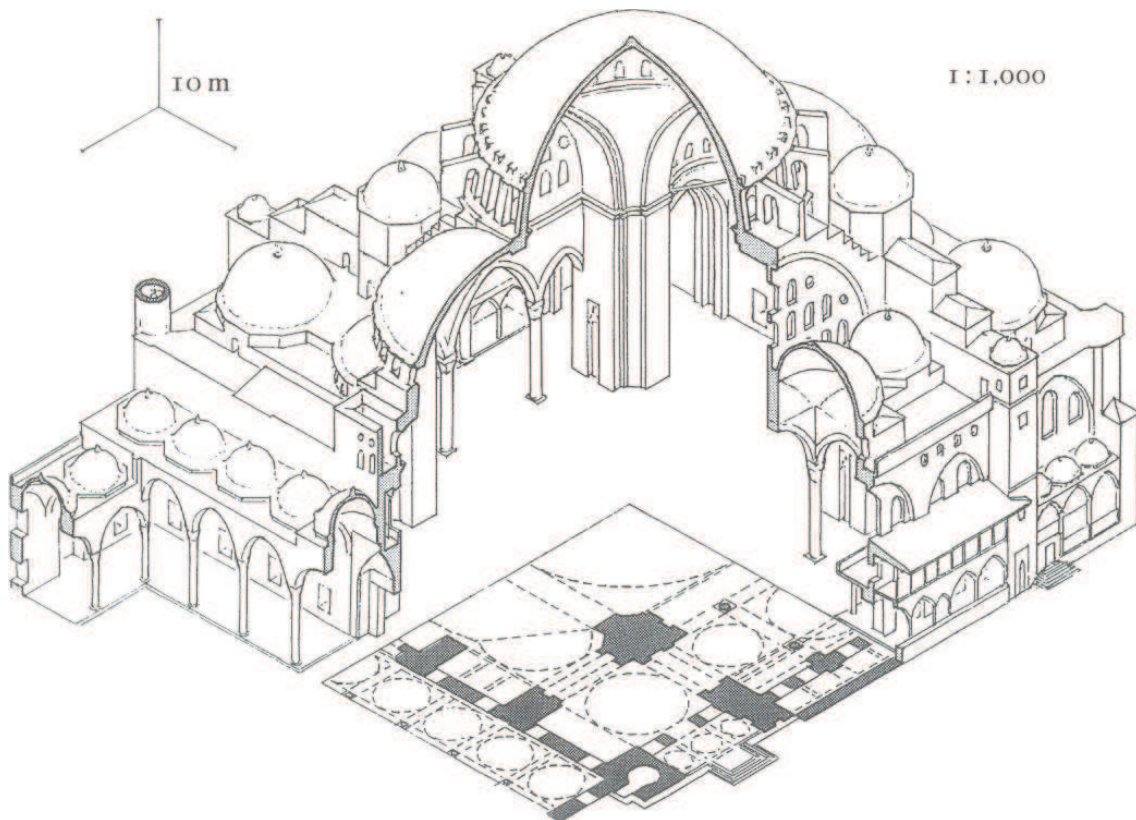


Fig.5. Dibujo original de Mainstone en el que se recogen aspectos formales y estructurales de la mezquita de Süleyman.

Este procedimiento de elaboración de cúpulas fue retomado por los otomanos tras la conquista de Constantinopla en 1453. Aunque ya había ejemplos más tempranos de mezquitas cupuladas fue a partir de la caída de Constantinopla cuando se volvieron los ojos hacia Santa Sofía. Como evidencia la historia fueron muchas las lecciones que se aprendieron de la iglesia bizantina. Aspectos conceptuales, de planta centralizada, sistemas de contrarresto, fábricas y demás elementos fueron tomados de ella a partir de las mezquitas de los sultanes empezadas por Mehmet Fatih con su mezquita en Estambul en 1470, acaso la que acuña el concepto de “mezquitas de los sultanes”.

Pero el concepto de mezquita cupulada ya había arrancado con Murad II y su mezquita de Uç Serefeli de Edirne en 1447, con una cúpula de ladrillo de 26.10 metros de diámetro, un tamaño nada desdeñable.

El intento de superar a Santa Sofía se estableció como una constante para los arquitectos otomanos.

A semejanza de la relación habida entre Antemio de Tralles e Isidoro de Mileto con el emperador Justiniano, surge la de Mimar Sinán con su sultán Süleyman. Era una relación de patronazgo que posibilitó el alumbramiento de obras arquitectónicas sin par, con la diferencia de sus épocas de producción; diez siglos.

Sinán enseguida dio muestras de su genio constructor y sus capacidades de observación, desarrollo y evolución de formas y sistemas. Formado como carpintero fue adquiriendo conocimientos constructivos con la observación de edificios a lo largo de las campañas militares del sultán Süleyman. Este le nombro jefe de arquitectos coincidiendo con el momento de máximo esplendor del imperio Otomano.

Sinán concibió y desarrolló cientos de obras, pero su momento de arranque definitivo se produjo con el encargo de la Sehzade Mehmet en la ciudad de Estambul consagrada en 1543. Era algo diferente a lo que se había construido hasta ahora. Recogía influencias muy variadas entre ellas la de tradiciones selyúcidas y otomanas tempranas, pero también influencias bizantinas, concretamente de Santa Sofía. El sistema de cúpulas y contrarrestos tenía que ver con lo que Sinán observó en la catedral bizantina.

El esquema formal, estructural y de contrarrestos de esta mezquita era más racional que lo que se había producido con anterioridad. Simetría formal y simetría estructural, pero sin perder la pureza del concepto. Esta sería la primera gran obra del maestro.

La Suleimaniye de 1557 fue un autentico homenaje a Santa Sofía desde el punto de vista formal. Era un espacio centralizado cupulado con dos semicúpulas al igual que Santa Sofía, pero sin perder el concepto de planta cuadrada totalmente centralizada. Se repiten elementos de la iglesia como la disposición de cúpulas, el auxilio de las pechinas y los atirantamientos que estaban presentes en Santa Sofía. Se trataba, sin duda de un homenaje que el sultán quería rendir a la misma.

11. El modo de construir era afín al de la catedral bizantina; la cúpula central tenía similar ángulo de apertura, la base de la cúpula estaba calada de ventanas, la forma de construir era la misma: lechos cónicos de ladrillo, en fin, un repertorio que aunque evolucionado en el tiempo mantenía la

esencia que representaba Santa Sofía. No obstante la dimensión de la cúpula estaba, todavía, lejos de la del templo de Justiniano.

La oportunidad más clara de abordar este intento de superación la tuvo Sinán con el hijo de Süleyman; su sucesor Selím II que le encargó su preceptiva mezquita, pero esta vez no en Estambul sino en Edirne.

La Selimiye fue la obra maestra de Sinán. Consagrada en 1575 se erigió como el culmen de la arquitectura del renacimiento otomano. Era un edificio totalmente centralizado en el más amplio sentido de la palabra; una planta cuadrada coronada por una única cúpula soportada por ocho pilares, limpia y pura geométricamente. No sólo esto sino que, por fin, la cúpula de Santa Sofía fue superada. Era el logro total de la arquitectura otomana, era el logro definitivo de Sinán, era el logro de la arquitectura del Islám.

La concepción de su cúpula era similar a lo anterior, pero la racionalidad estructural y espacial de esta mezquita era lo que la ponía en valor con todo lo anteriormente construido. Fue, al fin, la superación que Sinán venía persiguiendo, no en vano la calificó en su biografía como: "...su obra maestra...".

La estela de Sinán fue continuada posteriormente hasta ya muy entrado el periodo barroco de la arquitectura otomana, pero ya no se producirían obras como la del gran y viejo maestro.

Aunque ya se ha expuesto a lo largo de esta tesis las relaciones de tipo intelectual entre occidente y oriente, entre el renacimiento italiano y el otomano, cabría decir que estas relaciones no se plasmaron en el campo de la producción arquitectónica.

Cada parte del continente, cada corriente siguió su propio camino, simplemente coexistiendo en el tiempo. El renacimiento italiano y el renacimiento otomano no cruzaron sus caminos.

Las iglesias del renacimiento italiano respondían a otros preceptos, sus formas, sus modos de hacer, sus fábricas, sus estructuras...eran propias de su desarrollo. El edificio de referencia del quattrocento italiano; la catedral de Santa María de las Flores de Florencia coronada con la cúpula de Brunelleschi tenía poco que ver con las producciones contemporáneas del oriente europeo.

La cúpula de Brunelleschi estaba basada en otro concepto diametralmente opuesto al de las cúpulas otomanas. En primer lugar respondía a una tradición gótica de cúpula nervada. Sus dimensiones no se podían comparar con las de las mezquitas otomanas del siglo XV, y por encima de todo su manera de ejecutarla no era comparable a la de las delicadas cúpulas de Estambul o Edirne. Esta era una arquitectura basada en el zuncho y en el tirante, en el tambor y en el concepto de doble cáscara para sus cúpulas.

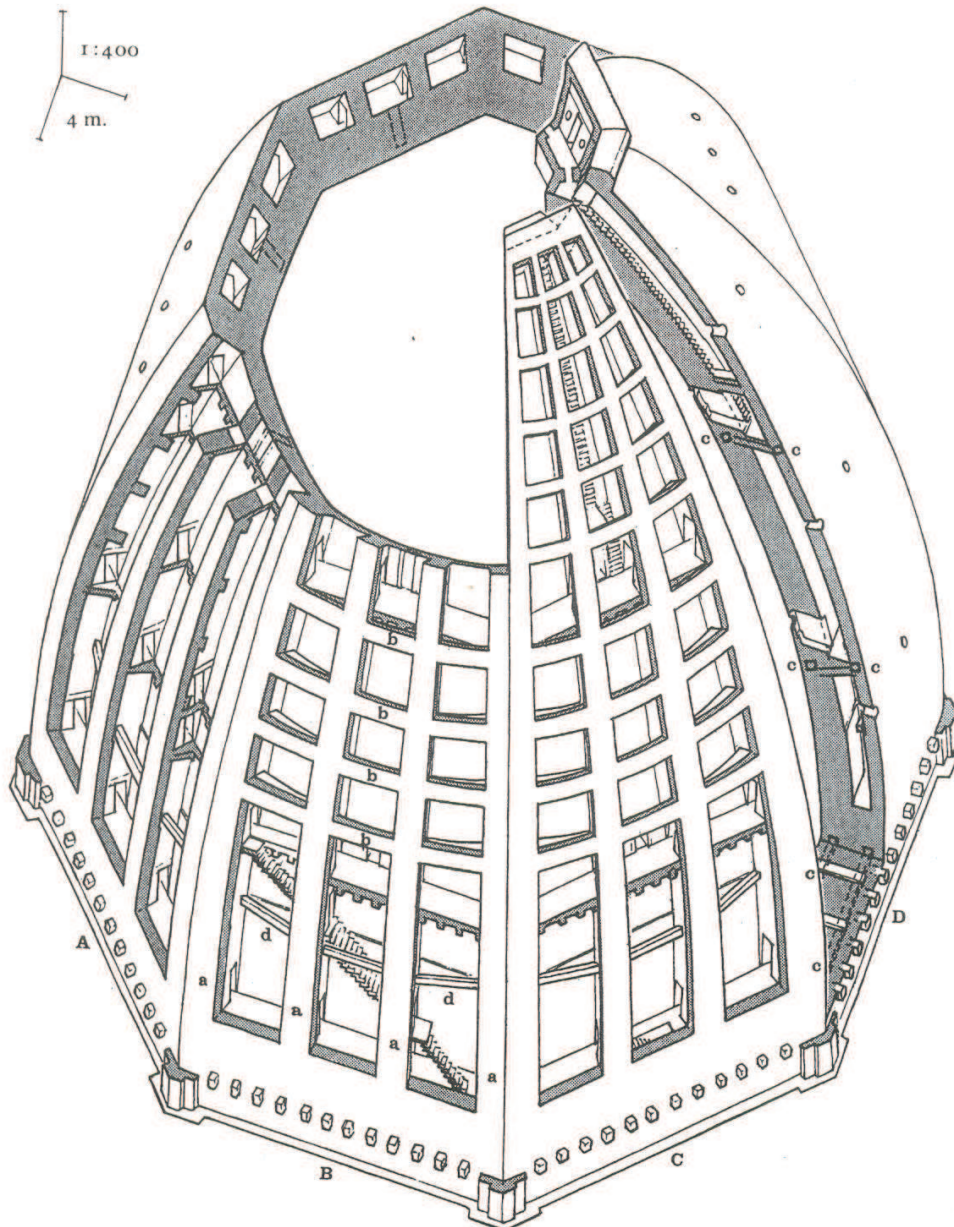


Fig.6. Estructura de la cúpula de Santa María de la Flores.

En la figura 6 se observa todo lo concerniente a la cúpula de Brunelleschi. Doble cáscara, atados de madera y de hierro y piedra, combinación de piedra y ladrillo y una variedad de elementos referidos a lo largo de la tesis.

La otra gran referencia en cúpulas renacentistas italianas la encontramos en el cinquecento con Miguel Ángel; la cúpula de San Pedro. Esta cúpula se podría decir que es heredera de la de Florencia, pero también de la del Panteón.

Pero el extenso proyecto de esta cúpula, desde Bramante a Miguel Ángel, demostró con el paso del tiempo, de un escaso periodo de tiempo, su fragilidad conceptual con la aparición de las grietas que sembraron la alarma y obligaron al encadenamiento de la misma por Poleni, demostrando que este tipo de estructura tenía ciclos de vida de apenas dos siglos.

A lo largo del desarrollo de la presente tesis se han puesto en valor dos modos de hacer distintos que, sin embargo, coexistieron en un mismo tiempo. No se trata de una comparación, solamente eso; una puesta en valor de sus cúpulas, del modo de hacer occidental y el oriental, con todo lo que ello conlleva: materiales, influencias, raíces, potenciales, etc.

Por otro lado, y en este aspecto si ha quedado más patente, la influencia que tuvo Santa Sofía en la posterior producción arquitectónica otomana es clara, destacando las obras del sin par Sinán.

Santa Sofía se constituyó como el referente, como el modelo a imitar, como el camino a seguir. Esto fue una constante desde el momento mismo de la conquista, no en vano fue respetada y transformada en mezquita; en la primera gran mezquita de la última y definitiva capital otomana; Aya Sofya, la gran mezquita de Estambul.

Por eso no resulta gratuito afirmar que todas las mezquitas de los sultanes albergan en sus muros y en sus cúpulas parte de la esencia de Santa Sofía, parte de su espíritu. En todas ellas persiste la herencia de Santa Sofía, de Aya Sofya.

12. También se puede afirmar que el mérito de Santa Sofía y de las mezquitas otomanas es el de no necesitar un sistema de zunchado en su base para contrarrestar estos esfuerzos. La perfecta combinación de cúpulas y semicúpulas posibilita la transmisión de esfuerzos obviando la necesidad del zunchado. Existe, eso sí, un cinturón metálico cuya función es mantener la forma, no trabajar de contrarresto a resistencia como en las cúpulas occidentales.

13. En efecto, aunque se hable de elementos de atirantado más que de zunchado, esto aparece tanto en la arquitectura bizantina como en la otomana. Pero aquí hay que hacer una salvedad importante: distinguir la función mecánica del tirante y del zuncho.

Los atirantamientos, tanto en la arquitectura bizantina como en la otomana tienen una función clara y explícita cual es mantener la geometría, por tanto la forma y consecuentemente garantizar la estabilidad del conjunto. Sin embargo en la arquitectura renacentista tiene una función menos prosaica cual es funcionar como elementos resistentes. Su cantidad, variedad de materiales y disposiciones poco tiene que ver con lo bizantino o con lo otomano.

Cabe como ejemplo citar que en la cúpula de Brunelleschi de Florencia, las “cadenas” de hierro de refuerzo, más las seis compuestas de bloques de piedra arenisca y cuatro más de madera fueron originalmente prescritas para colocarse alrededor de la circunferencia de la cúpula (Saalman. Arquitectura Medieval, 1962). Todo ello dispuesto para superar las grandes fuerzas de tracción que se generaban.

Pero la cúpula de Brunelleschi tenía poco que ver con las cúpulas orientales de albañilería. Esta era una cúpula mixta de albañilería y cantería, de doble cáscara, apuntada, nervada y coronada con una linterna. Era una cúpula gótica resuelta en época renacentista. Estaba fuertemente zunchada en todo su perímetro, incluso su tambor ortogonal servía de cinturón auxiliar.

14. Estas fuerzas de tracción en la base de las cúpulas bizantinas y otomanas estaban minimizadas por las propias características de la cúpula, como ya ha sido demostrado con anterioridad, con lo que no eran necesarios estos refuerzos para compensar unos esfuerzos de tracción sumamente contenidos.

Por otra parte, a partir de la arquitectura de Santa Sofía los elementos transmisores y sustentadores de cargas empiezan a aligerarse, la cúpula central empieza a parecer más suspendida que soportada. Estamos ante un

proceso de aligeramiento de las estructuras. Este proceso encontrará su máximo exponente en la Selimiye de Edirne; cuando se cierra el círculo abierto 1000 años antes con la Catedral de Justiniano.

15. Las iglesias bizantinas y las mezquitas otomanas basaron su equilibrio y estabilidad en el mantenimiento de su forma, sin más alardes técnicos o estructurales que la perfecta compensación de esfuerzos merced a la disposición de su sistema de cúpulas.

16. Las catedrales del Renacimiento italiano tuvieron innumerables problemas para lograr lo mismo. El diferente concepto aplicado en la construcción de unas y otras fue la clave para ello. La eficacia constructiva fue tan diferente que por ello se puede afirmar que estamos ante dos modelos mecánicos que poco tienen que ver.

Aún sin la existencia de Santa Sofía, obviamente, se habrían construido mezquitas en el Imperio de la Sublime Puerta. Mezquitas, a fin de cuentas, pero casi con toda certeza, diferentes a las que se construyeron gracias a la inspiración de Santa Sofía. Diferentes en concepto, posiblemente en forma, en aspecto, en técnica. Pero afortunadamente la Historia dejó su impronta en Santa Sofía, así como ésta la dejó en las mezquitas de Sinán.

17. Mehmet II, Bayaceto II, Suleyman, Selim II, y otros tantos sultanes habrían erigido sus mezquitas, pero no habrían sido las que son si Santa Sofía no hubiese existido.

Las conclusiones que se estiman más sobresalientes han sido numeradas y guionizadas.

Se muestran, a modo de resumen, a continuación una serie de figuras que ya han sido explicitadas en el recorrido del presente trabajo.

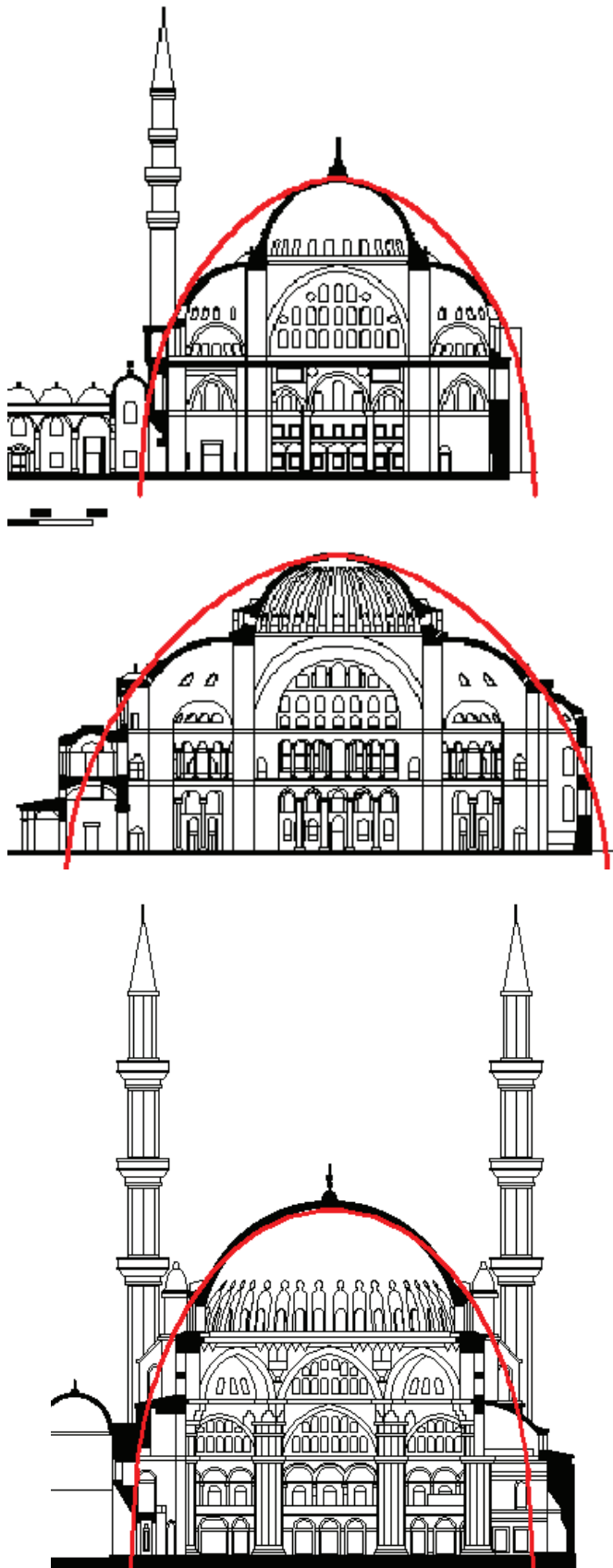


Fig.7. Línea de cargas esquemática en la Süleymaniye, Santa Sofía y Selimiye. (Cap. 9. Autor).

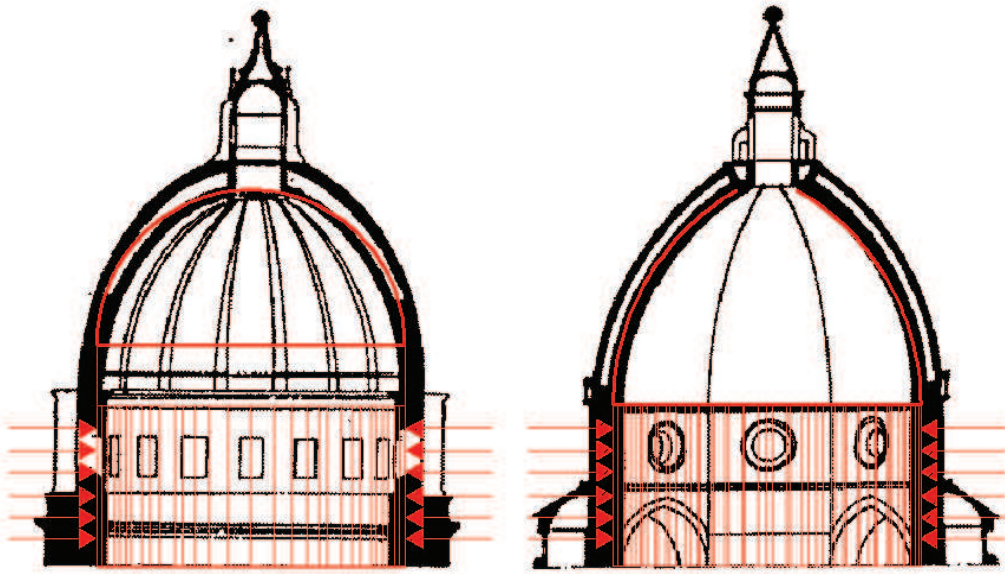


Fig.8. Esquema del funcionamiento de los tambores como zunchos en San Pedro y Sta. María de la Flores. (Autor).

20. BIBLIOGRAFÍA.

En la elaboración de la bibliografía se ha procedido a una clasificación en orden alfabético a sus autores, no a un orden cronológico o temático.

En cualquier caso sí que hay que hacer notar que en dicha correlación hay dos grandes bloques que se corresponden a autores occidentales y otro que se corresponde con autores y estudiosos turcos. Ya se ha apuntado durante el desarrollo de la presente tesis los puntos de vista de unos y otros.

-
1. **Adam, Jean Pierre:** *“La construcción romana: materiales y técnicas”*. París, 1989.
 2. **Alberti, Leon Battista.** *“De Re Aedificatoria”*. Akal Ediciones. Madrid 1991
 3. **Altan, Kemal.** *“Selimiye Camii ve Edirne, Mimar”*. Istanbul, 1934.
 4. **Aroca Hernández-Ros, Ricardo.** *“¿Qué es Estructura?”*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera. ETSAM. Madrid, 2008.
 5. **Aroca Hernández-Ros, Ricardo.** *“Funiculares”*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera. ETSAM. Madrid, 2005.
 6. **Aroca Hernández-Ros, Ricardo.** *“Modelos”*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera. ETSAM. Madrid, 2007.

7. **Aslanapa, Oktay.** *"Turkish Art and Architecture"*. Faber and Faber. London, 1971.
8. **Balard, Michel.** *"La Romaine Génoise (XII-début du XV siècle)"*. École française de Rome. Rome, 1978.
9. **Battuta Ibn.** *"İbn-i Batuta Seyahat Namesi"*. Traducido por Mümin Çevik, Estambul, 1983.
10. **Bayburt, S.** *"Mimar Sinân"*. Ankara 1970.
11. **Bektas, Cengiz.** *"Koka Sinân"*. Ankara 1968.
12. **Blair, Sheila S. y Bloom, Jonathan M.** *"Arte y Arquitectura del Islâm. 1250-1800"*. Ediciones Cátedra. Madrid, 1999.
13. **Blondel, François Nicholas.** *"Cours d'architecture"*. Segunda edición. Paris, 1698.
14. **Burelli, A. R.** *"La Moschea di Sinan"*. Venecia, 1989.
15. **Burelli, A. R. and Freely, J.** *"Sinan – architect de Soliman"*. Paris and London, 1992.
16. **Burelli, Augusto Romano and Genaro, Paola Sonia.** *"Sinân's Mosque"*. Deutsches Architekturmuseum.. Museums ufer Frankfurt. Berlín, 2008.
17. **Cabrera, Emilio.** *"Historia de Bizancio"*. Ariel Historia. Barcelona, 1998.
18. **Capitel, Antón.** *"Estambul y el Renacimiento Otomano"*. Revista Arquitectura COAM, nº 329. Madrid, 3T, 2002.

19. **Cervera, Jaime.** *“Forma y Esfuerzos Estructurales”*. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera. ETSAM. Madrid, 2002.
20. **Choisy, Auguste.** *“El arte de construir en Bizancio”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 1997.
21. **Choisy, Auguste.** *“El arte de construir en Roma”*. Edición original: París, 1873. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 1999
22. **Chueca Goitia, Fernando.** *“Historia de la Arquitectura Occidental. I. De Grecia al Islám”*. Ed. Dossat. Madrid, 2000.
23. **Chueca, Fernando y de Miguel, Carlos.** *“La vida y las obras del arquitecto Juan de Villanueva”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 2011.
24. **Conant, Kenneth John.** *“Arquitectura Carolíngia y Románica. 800-1200”*. Ediciones Cátedra. Madrid, 1987, 2007.
25. **Cortés Arrese, Miguel.** *“Elogio de Constantinopla”*. Colección Estudios. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. Cuenca, 2004.
26. **Cortés Arrese, Miguel.** *“Memoria e invención de Bizancio”*. Nausícaä. Murcia 2008.
27. **Creswell, A. C..** *“Early Muslim Architecture I. Parte II.”* 2ª ed. (Oxford, 1969)
28. **De Cesarea, Procopio** *“De Aedificiis”*. Libro 1. Biblioteca clásica Loeb. 1940

29. **DeCesarea, Procopio.** *“Los edificios”*. Estudios orientales, volumen 7. Traducción, introducción y notas: Miguel Periago Lorente. Universidad de Murcia. Instituto del Próximo Oriente Antiguo. Área de Historia Antigua, 2005.
30. **Derand, Francois.** *“L’architecture des voûtres ou l’art des traits et coupe desvoûtes”*. Paris, 1634.
31. **Diez, E. / Aslanapa O.** *“Türk Sanat.”* Istanbul, 1955)
32. **Edem, Pacha.** *“L’architecture Ottomane”*. Istambul, 1873.
33. **Egea, José M.** *“Relato de cómo se construyó Santa Sofía según la descripción de varios códigos y autores”*. Centro de estudios neogriegos, bizantinos y chipriotas. Universidad de Granada. 2003.
34. **Egli, Ernst.** *“Sinan: Der Baumeister Osmanischer Glanzzeit”*(Zurich, 1954).
35. **Emerson, W. and R. L. Van Nice.** *“Hagia Sophia, Istanbul: preliminary report of a recent examination of the structure”*. AJA, Editions. Vol 47. 1943.
36. **Escrig Pallares, Félix.** *“Las Grandes estructuras del Renacimiento y el Barroco”*. Universidad de Sevilla, 2002.
37. **Ettinghausen, Richard y Grabar, Oleg.** *“Arte y Arquitectura del Islám. 650-1250”*. Ediciones Cátedra. Madrid, 1996, 2005.
38. **Fanelli, Giovanni y Michele.** *“La Cúpula de Brunelleschi. Historia y futuro de una grande estructura”*. Mandrágora. Florencia 2004.
39. **Faroqhi, Suraiya.** *“Approaching Ottoman History. An introduction to the Sources”*. Cambridge University Press, 1999.

40. **Flandin, Eugène.** *“Constantinopla y el Bósforo. La Estambul de los Sultanes”*. Terra Incógnita. Barcelona, 2001.
41. **Fontana, Carlo.** *“Il tempio Vaticano e sua origine”*. Roma, 1694
42. **Frezier, A. F.** *“La théorie et la pratique de la coupe de pierres et des bois pour la construction des voûtres et autres parties des bâtiments civils et militaires, ou traité de stéréotomie de l’architecture.”*. Estrasburgo, Paris. C-A. Jombert, 1769.
43. **Furneaux Jordan, Robert.** *“La Arquitectura Occidental”*. Ediciones Destino, Barcelona 1994. (Thames and Hudson, London, 1969).
44. **Galilei, Galileo.** *“Diálogo sobre las dos nuevas ciencias”*. La primera publicación fue en Leyden (Holanda) en 1638.
45. **García y Bellido, Antonio.** *“Arte Romano”*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Textos Universitarios. Madrid. 1968
46. **García López, Miguel.** *“Los inicios del Arte Otomano”*. Electa, Barcelona, 2002.
47. **Gavrina, Federico.** *“Descripción de Constantinopla”*. Miraguano Ediciones. Madrid, 2001.
48. **Goffman, Daniel.** *“The Ottoman Empire and Early Modern Europe”*. Cambridge University Press, 2002.
49. **González Ferrín, Emilio.** *“Historia general de Al-Andalus. Europa entre oriente y occidente.”*. Almuzara 2006.
50. **Goodwin, Godfrey.** *“A history of Ottoman architecture”*. Thames and Hudson. London. 1971.

51. **Goowdin, Godfrey.** *“Sinán: Ottoman Architecture and Its Values Today”*. London 1993.
52. **Gordon, J. E.** *“Estructuras o por qué las cosas no se caen”*. Penguin Books, U. K. 1978. Calamar Ediciones. Madrid, 2004.
53. **Guastavino, Rafael.** *“Escritos sobre la construcción cohesiva”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 2006.
54. **Günay ,Reha.** *“Sinan: The architect and is Works”*. Yem Publication. Istanbul 1998.
55. **Gurlitt, Cornelius.** *“Die Baukunst Konstantinopels”*. Berlín, 1907-12.
56. **Hattstein, Markus y Deluis, Peter.** *“Islám. Arte y Arquitectura”*. H.F. Ullman. Barcelona, 2007.
57. **Hébrad, Ernest y Zeiller, Jacques.** *“El Palacio de Diocleciano en Spalato”*, fascimil: *“Spalato. Le Palais de Dioclétein”*. MADRID. Instituto Juan de Herrera 2010.
58. **Heyman, Jacques.** *“Análisis de estructuras. Un estudio histórico”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 2004.
59. **Heyman, Jacques.** *“El esqueleto de piedra”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 1995.
60. **Huerta Fernández, Santiago.** *“Arcos bóvedas y cúpulas”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 2004.

61. **Ishanoglu, Ekmeleddin.** *"Mimar Sinan ve Yapilariyla Ilgili Eserler Bibliyografiyasi"*. (Biografía de Sinan). Ankara, 1988.
62. **Kafadar, Kemal.** *"Between Two Worlds: The Construction of the Ottoman State"*. Berkeley, Los Angeles, London, 1995.
63. **Khaldun, Ibn.** *"The Muqaddinah. An Introduction to the History"*. Traducido por Franz Rosenthal. Princeton, 1967.
64. **King, Ross.** *"La Cúpula de Brunelleschi. Historia de la gran cathedral de Florencia"*. Apóstrofe Ediciones. Barcelona, 2002.
65. **Kostof, Spiro.** *"A History of architecture: Settings and Rituals"*. New York, Oxford, 1985.
66. **Krautheimer, Richard.** *"Arquitectura Paleocristiana y Bizantina"*. Ediciones Cátedra. Madrid, 1984, 2005.
67. **Kuban, Dogan.** *"Architecture of the Ottoman Period. The Art and Architecture of Turkey"*. Ed. Ekrem Akurgal. Fribourg, 1980.
68. **Kuban, Dogan.** *"Sina's Art and Selimiye"*. Ed. Türkiye-Bankasi. Istanbul, 1997 (first edition)-2001.
69. **Kuban, Dogan.** *"Selimiye at Edirne: Its Genesis and an Evaluation of its Style"*, en IVeme Congrès International d'Art Turk (Aix-en Provence, 10-15 September 1971), 1976, p. 107.
70. **Kühnel, Ernst.** *"Islamic Art and Architecture"* (London 1966).
71. **Kuran, Aptullah.** *"The Mosque in Early Ottoman Architecture"*. Chicago and London, 1968.

72. **Kuran, Aptullah.** *"The Mosques of Sinan"*. Fifth International Congress of Turkish Art. Budapest, 1975.
73. **Kuran, Aptullah.** *"Sinán. El Maestro de la arquitectura otomana"*. Universidad de Granada 1997 .
74. **La Hire, Philippe.** *"Traté de Méchanique"*. París. Impimerie Royal, 1695.
75. **Lando Bartoli.** *"Mimar Sinán: Architettura tra oriente e occidente"*. Ed. Luigi Zalguerri, Florence, 1992.
76. **Lethaby, W. R. and H. Swainson.** *"The church of Sancta Sophia, Constantinople"*. London, 1894.
77. **Mac Donald, William L.** *"El Panteón, diseño, significado y linaje"*. Cambridge (Mass.), 1976.
78. **Mainstone, Rowland J.** *"Structure in Architecture: History, Desing and Innovation"*. Ashgate. 1997. 2002.
79. **Mainstone, Rowland J..** *"Developments in Structural Form"*. Second edition. Architectural Press. Oxford, 1998.
80. **Mainstone, Rowland J..** *"Hagia Sophia. Architecture, Structure and Liturgy of Justinian´s Great Chrch"*. London, 1988.
81. **Mango, Ciryil.** *"Studies on Constantinople"*. London, 1993.
82. **Mango, Cyril.** *"Arquitectura Bizantina"*. Aguilar Asuri. 1976
83. **Mark, Robert and Çakmak, Ahmet S.** *"Hagia Sophia from the age of Justinian to the present"*. Cambridge University Press. 1987

84. **Mark, Robert.** *"Light, wind and structure. The mystery of the master builders"*. The MIT Press. Cambridge, 1990.
85. **Mark, Robert.** *"Tecnología arquitectónica hasta la Revolución Científica. Arte y estructura de las grandes construcciones"*. Akal/Textos de Arquitectura. Madrid, 2002.
86. **Mas-Guindal Lafarga, Antonio José** *"Mecánica de las estructuras antiguas, o cuando las estructuras no se calculaban"*. Munilla-Leira. Madrid 2011.
87. **Mas-Guindal Lafarga, Antonio José.** *Las grietas en las estructuras de fábrica. Un procedimiento para evaluar la forma de trabajo de estas"*. IC. Volumen 48, nº 446, nov-dic, 1996.
88. **Mathews, Thomas. F.** *"The early churches of Constantinople: architecture and liturgy"*. University Park, 1971.
89. **Matthews, Henry.** *"Mosques of Istanbul, including the Mosques of Bursa and Edirne"*. Ed. SCALA. Istanbul. 2009.
90. **Meriç, R. M.** *"Mimar Sinán, Hayatı, Eseri"* (Ankara 1965),
91. **Michel, George.** *"Architecture of the Islamic World. Its History and Social Meanings"*. Thames and Hudson. London, 1978.
92. **Moya Blanco, Luis.** *"Bovedas tabicadas"*. Colección : Textos Dispersos. COAM. Madrid 1993.
93. **Mozzati, Luca.** *"El Islám. Un arte entre la divinidad y el refinamiento"*. Art Book. Electa Bolsillo. Barcelona 2005.

94. **Müller, Werner y Vogel, Gunther.** *“Atlas de Arquitectura I, De Mesopotamia a Bizancio”*. Atlas Alianza (Alianza Editorial). MADRID 1984. MUNCHËN 1974.
95. **Müller, Werner y Vogel, Gunther.** *“Atlas de Arquitectura II, Del Románico a la actualidad”*. Atlas Alianza (Alianza Editorial). MADRID 1984. MUNCHËN 1974.
96. **Necipoglu, Gürü.** *“The Age of Sinan. Architectural Culture in the Ottoman Empire”*. Reaktion Books. London. Second edition 2011.
97. **Núñez Rodríguez, Manuel y Pérez Higuera, Teresa.** *“El Arte. La Alta Edad Media y el Islám”*. Madrid, 2003.
98. **Palladio, Andrea.** *“Las antigüedades de Roma”*. Editorial Akal. Madrid, 2008.
99. **Palladio, Andrea.** *“Los cuatro libros de la arquitectura”*. Akal Ediciones 1998. 2008
100. **Perronet, Jean-Rodolphe.** *“La construcción de puentes en el siglo XVIII”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM, 2005.
101. **Perroy, Edouard.** *“Historia general de las civilizaciones. Tomo III. La Edad Media. Capítulo II. Retroceso y luchas del Islám y de Bizancio”*. Ediciones Destino. Barcelona, 1961.
102. **Pirenne, Henri.** *“Mahoma y Carlomagno”*. Alianza Editorial. Madrid, 1978, 2008.
103. **Poleni, G.** *“Memorie istoriche della gran cupola del templo vaticano”*. Stamperia del Seminario. Padua, 1748.
104. **Rovira y Rabassa, A.** *“Esteorotomía de la piedra”*. Barcelona, 1899.

105. **Saalmann, Howard.** *“Michelangelo: S. Maria dei Fiore and St. Peter’s”*. Art Bulletin, vol 57, 1975.

106. **Stierlin, Henri.** *“El Imperio Romano. Desde los Etruscos a la caída del Imperio Romano”*. Taschen 2006. Edición original: Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1997.

107. **Saatçi, S.** *“Mimar Sinán ve Tezkiret ül-Bünyan”*, Ed. M. Sözen (Istanbul 1989)

108. **Stierlin, Henri.** *“El Islám. Desde Bagdad hasta Córdoba. Las edificaciones de los siglos VII al XIII”*. Taschen. Madrid 2009. Edición original: Benedikt Taschen Verlag. GmbH. 1997.

109. **Taylor, Rabun.** *“Los Constructores Romanos. Un estudio sobre el proceso arquitectónico”*. Akal/Textos de Arquitectura. Madrid, 2006.

110. **Thunnissen, H. J. W.** *“Bóvedas: su construcción y empleo en la arquitectura”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 2012.

111. **Torroja Miret, Eduardo.** *“Razón y ser de los tipos estructurales”*. Ed. EBCOMP. Madrid, 1998.

112. **Treadgold, Warren.** *“Breve historia de Bizancio”*. Paidós. Barcelona, 2001.

113. **Truño, Ángel.** *“Construcción de bóvedas tabicadas”*. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 2004.

114. **Ünsal, Behçet.** *“Turkish-Islamic Architecture in Seljuk and Ottoman times. 1071-1923”*. Great Britain. Alec Tirani Ltd. 1970. U.S.A. 1973

115. **V.V. A.A.** “*Geometría y proporción en las estructuras. Ensayos en honor de Ricardo Aroca*”. ETSAM. UPM. Madrid, 2010.
116. **Van Nice, R. L.** “*St. Sophia in Istanbul; an architectural survey*”. Washington, second edition. 1986.
117. **Veiga Rodriguez, Francisco.** “*El Turco: Diez siglos a las puertas de Europa*”. Segunda edición. Barcelona, 2009.
118. **Velmans, Tania / Korac, Vojislav y Suput, Marica.** “*Bizancio. El esplendor del arte monumental*”. Lunwerg Editores. Barcelona 1999.
119. **Viollet-le-Duc, E.** “*La construcción medieval*”. Instituto Juan de Herrera. ETSAM 1996.
120. **Vitruvio Polión, Marco.** “*Los Diez Libros de Arquitectura*”. Akal Ediciones 1987-2007
121. **Ward-Perkins, John B.** “*Arquitectura romana*”. Electa. Milán, 1979.
122. **Wittkower, Rudolf.** “*La cúpula de San Pedro de Miguel Ángel. Sobre la Arquitectura en la Edad del Humanismo*”. Gustavo Gili. Madrid, 1979.
123. **Yerasimos, Stéphane.** “*Constantinopla. La herencia histórica de Estambul*”. Traducido del original francés (“*Constantinople – De Byzance á Istanbul*”) por Dolors Gassó y Elena Calvo. Ullmann & Könemann. Barcelona 2007.
124. **Yerasimos, Stéphane.** “*Süleymaniye*”. Istanbul, 2002.
-